

**BEEINFLUSSUNG DER MENSCHLICHEN HAUT
DURCH SOLEBÄDER,
UNTERSUCHT ANHAND DES ERYTHEMVERLAUFS
NACH UV-BESTRAHLUNG**

Michael Rabanser

1977



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41555625_0066

Aus dem Institut für Medizinische Balneologie und Klimatologie
der Universität München

Vorstand: Prof. Dr. med. H. Drexel

BEEINFLUSSUNG DER MENSCHLICHEN HAUT DURCH
SOLEBÄDER, UNTERSUCHT AN HAND DES ERYTHEMVERLAUFS
NACH UV-BESTRAHLUNG

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnmedizin
an der Ludwig Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Michael Rabanser
aus Krailling

1977

Mit Genehmigung des Fachbereichs Medizin
der Universität München

Berichterstatter: Dipl.-Phys. K. Dirnagl
Mitberichterstatter: Prof. Dr. H. Drexel
Dekan: Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 29.3.1977



Meiner Mutter gewidmet

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
I. Einleitung	1
II. Problemstellung	4
III. Literatur	5
1) Die Soleanwendung in der Balneologie und Dermatologie	5
2) Die Wirkung von ultravioletten Strah- len auf Haut und Organismus	8
3) Literatur zu den angewandten Meßverfahren	10
a) Temperaturmessung	10
b) Remissionsmessung	11
c) pH-Wert-Bestimmung	13
IV. Methodik	15
1) Probandengut	15
2) Versuchsanordnung	15
3) Versuchsdurchführung	18
V. Ergebnisse	21
1) Chronologische Abhandlung der durchge- führten Versuche	21
2) Ergebnisse aus den Temperaturmessungen	26
a) Ausgangslage	26
b) Zuverlässigkeit	27
c) Auswertung	28
aa) statistische Auswertung	28
ab) graphische Auswertung	30
3) Ergebnisse aus den Remissionsmessungen	32
a) Ausgangslage	32
b) Zuverlässigkeit	33
c) Auswertung	34
aa) statistische Auswertung	34
ab) graphische Auswertung	37

	Seite
4) Vergleich der Ergebnisse der beiden Meßmethoden	39
5) Ergebnisse aus den pH-Messungen	40
a) Ausgangslage	40
b) Zuverlässigkeit	41
c) Auswertung	41
aa) statistische Auswertung	41
ab) graphische Auswertung	41
6) Allgemeine Ergebnisse	42
VI. Diskussion	44
1) Methodenkritik	44
2) Besprechung der Ergebnisse unter Berücksichtigung der Literatur	47
a) Temperaturmessung	47
b) Grünremissionsmessung	51
c) pH-Wert-Bestimmung	55
d) Allgemeine Ergebnisse	59
VII. Zusammenfassung	60
VIII. Anhang	62
1) Literaturverzeichnis	62
2) Abbildungsverzeichnis	71
3) Abbildungen (1 - 10)	73

I. EINLEITUNG

"Man soll frisches Wasser nehmen und es ein wenig salzen. Wenn die Wunden damit gewaschen werden, so bewahrt es die Wunden ein ganzes Jahr vor jeder Fäulnis." Dies waren Worte des berühmten Arztes, Alchemisten, Mineralogen, Astrologen und Theologen Paracelsus (1493-1541).

Ihm war der große therapeutische Wert des Salzwassers gut bekannt und in seinen Schriften über die Salzsolen empfahl er es seinen Ärztekollegen.

Heilquellen, ganz allgemein, spielen schon in der hippokratischen Medizin eine große Rolle. Sie trugen damals meist den Namen von Göttern.

Wir unterscheiden heute zwischen natürlichen Heilbädern und künstlichen Heilbädern, sprich medizinischen Bädern, mit Zusatz von Wirkstoffen. Die Behandlung von Hauterkrankungen ist ein wichtiges Teilgebiet in der Anwendung von Heilbädern.

Eine Kur mit Bädern, die zu intensiven Allgemeinreaktionen führen (Solbäder, Thermalbäder, Schwefelbäder, radiumemissionshaltige Bäder und Moorbäder), ist nach Evers (1) bei Behandlung verschiedener Dermatosen durchaus indiziert.

Auch Nikolowski (2) empfiehlt eine Balneotherapie bei vielen Dermatosen und gibt Richtlinien über indifferente oder reizmildernde Zusätze, reizende Zusätze, adstringierende Zusätze, alkalische sowie saure Bäder und desinfizierende Zusätze.

Bohnstedt (3) hält Schwefelbäder bei manchen Psoriatikern und bei Akne indiziert und ist der Meinung, daß in erster Linie für allergische Hautkrankheiten eine Behandlung bzw. Nachbehandlung in Bade- und Kurorten in Frage kommt.

Eine große Bedeutung im Rahmen der Balneotherapie kommt den Seebädern zu. Die Kurorte am Meer zeigen ihre Wirkung in zweierlei Hinsicht. Einmal durch das besondere Klima und zum

anderen durch das Baden im Meerwasser. Bekannte Indikationen hierfür sind Allergien, Krankheiten im Kindesalter, Anämien, Schwächezustände, Erkrankungen der oberen Luftwege und zahlreiche Hautkrankheiten.

In ihren Untersuchungen über die Resorption und Absorption von Meerwasserinhaltsstoffen durch die Haut fanden Drexel und Dirnagl (4), daß die Resorption der meisten im Meerwasser gelösten Substanzen weit hinter dem Wasserdurchtritt durch die Haut zurückbleibt. Sie vermuten eine hauptsächliche Wirkung auf den Hautstoffwechsel und sprechen von einer Mediatorwirkung der Haut auf den Gesamtorganismus. Eine weitere Arbeit von Drexel, Dirnagl und Pratzel (5) über die Beeinflussungsmöglichkeiten des Menschen durch Sole- und Seebäder unterscheidet zwischen physikalischen und chemischen Wirkungsmöglichkeiten. Während die physikalische Wirkung besonders in thermischer Hinsicht von Bedeutung zu sein scheint, könnte man bei Betrachtung der chemischen Wirkungsmechanismen an eine Resorption von Badeinhaltsstoffen durch die Haut in den Körper, an eine Deposition von Wasser und Mineralien in der Haut oder an eine Elution körpereigener Substanzen denken. In dieser Arbeit scheint ein chemisch bedingter Effekt über die Resorption nicht erkennbar. Depositions- sowie Eluationsvorgänge scheinen hierbei die entscheidende Rolle zu spielen. Dies würde wiederum bestätigen, daß die Wirkung der Sole- und Seebäder hauptsächlich auf einer vermittelnden Funktion des Hautorgans beruht.

Anläßlich einer an unserem Institut in Auftrag gegebenen Untersuchung der Sole Rheinfelden, beschäftigte uns das Problem, wie und in welchem Maße ein Solebad auf die menschliche Haut einzuwirken vermag. Da inzwischen bekannt ist, daß die Bäderinhaltsstoffe in nur sehr begrenztem Umfang die äußeren Hautschichten zu durchdringen vermögen, muß hierbei auch an andere Parameter wie zum Beispiel die Wasserwirkung als solche, unabhängig von den Zusätzen, oder an eine indirekte Wirkung über das vegetative Nervensystem gedacht werden. Um durch unsere Experimente möglichst deutliche Aussagen über die Solewirkung

zu erlangen, kamen wir zu dem Entschluß, die betreffenden Hautstellen vor der Bebadung durch UV-Bestrahlung zu reizen.

An Hand der zahlreichen von uns beobachteten Erythemverläufe nach Bestrahlung und Solebebadung versuchten wir uns in der vorliegenden Arbeit ein Bild über die Hautbeeinflussungsmöglichkeiten zu machen.

II. PROBLEMSTELLUNG

Für die vorliegenden Untersuchungen standen folgende Fragen zur Diskussion:

1. Zeigt die Sole Rheinfelden (3%) im Vergleich zu destilliertem Wasser eine unterschiedliche Wirkung auf UV-bestrahlte menschliche Haut?
2. Wie verhält sich die Sole Rheinfelden (3%) nach Zusatz von Calcium in Form von Calciumchlorid?
3. Welches von zwei Verfahren, Temperatur- oder Remissionsmessung, ist besser zur Beantwortung der obigen Fragen geeignet?
4. Wie verhält sich der pH-Wert der behandelten Hautpartien während des Versuchsablaufs?
5. Welche allgemeinen Ergebnisse lassen sich aus den Versuchen ableiten?

III. LITERATUR

1. Die Soleanwendung in der Balneologie und Dermatologie

Eine Quelle trägt die Bezeichnung Kochsalzquelle, wenn unter ihren Kationen das Natrium und unter ihren Anionen das Chlor überwiegt. Bei über 15g Kochsalzgehalt pro Liter spricht man von Solquellen, die vor allem für Bäder in Frage kommen. Die Kochsalzquellen finden für Trink- und Inhalationskuren Verwendung.

Was die Solebäder betrifft, so weist Schnelle (6) auf eine Vielzahl von medizinischen Anwendungsbereichen hin: Im Rahmen der Erkrankungen im Kindesalter, besonders bei schwächlichen und krankhaften Konstitutionen. Ferner bei den verschiedenartigen rheumatischen Erkrankungen, den Folgen der Polyarthritiden, allen degenerativen Erkrankungen des Bewegungsapparates, Zuständen nach Lähmungen, sowie allen Erkrankungen, die mit Bewegungseinschränkungen einhergehen. Auch Neuralgien, Neuritiden, mit Wirbelsäulendiskopathien einhergehende Zustände, Stoffwechselleiden, Hautkrankheiten, Nervenkrankheiten, endokrin bedingte Zustände u.a. Basedow, gewisse Herz- und Kreislaufkrankheiten, zahlreiche Tonusschwankungen im Bereich des Vegetativums sowie Krankheiten im gynäkologischen Bereich, sind Indikationen für eine Solbäderkur.

Die Rheinfelder Sole, mit welcher wir arbeiteten, enthält nach Keller (7) etwa 309g Mineralbestandteile im Liter, überwiegend Natrium und Chlor. Sie wird, so schreibt er ferner, ausschließlich äußerlich auf Haut und Schleimhäuten zur Anwendung gebracht in dosierter Konzentration (0,5-30%) in Form der Solbäder, Kohlensäuresolbäder, Wickel, Solelempackungen, Spülungen und Inhalationen.

Der Stiftungsrat des Solbadsanatoriums Rheinfelden (8), macht bezüglich des Anwendungsbereiches einer dortigen Solbadkur folgende Angaben: Mittelstarke Bäder bei allen Erscheinungsformen der rheumatischen Krankheiten, Frauenleiden, Alterungs-

und Abnützungsprozessen, Unfallfolgen, trophischen Störungen, speziell des Stützgewebes. Starke Bäder werden außerdem bei widerstandsfähigen Patienten, besonders bei degenerativen Formen des Rheumatismus und bei Ovarialinsuffizienz verordnet.

Diese Vielzahl von Anwendungsbereichen wurde mit voller Absicht aufgezeigt, um wieder einmal die seit jeher bedeutende Frage aufzuwerfen, worauf denn die Wirkungsweise der Solbäder eigentlich zurückzuführen ist.

Ferdinand von Hebras Wasserbett war eine reine Wassertherapie. Wie von Kunz (9) beschrieben, besteht es im wesentlichen aus einer rechteckigen Metallwanne, mit kontinuierlichem Wasserzu- und Abfluß. Der Kranke liegt auf einem mit Hilfe von Winden in der Höhe verstellbaren Drahteinsatz. Als Hauptanwendungsbereich gelten postoperative Darmfisteln mit Vereiterung der Laparatomiewunde nach Eingriffen am Magen-Darmkanal.

Gewiß spielt auch bei den Solbädern das Wasser selbst eine entscheidende Rolle. Tronnier (10) spricht der Grundlage Wasser einen großen Eigeneffekt mit Wirkstoffcharakter zu.

Auch daß die thermische Komponente der Bäderanwendung von großer Bedeutung für ihre Wirkung ist, ist bekannt. Hier sei auf eine Arbeit von Dirnagl und Drexel (11) verwiesen, die sich mit der Wärmeeinwirkung verschiedener Bäderarten befaßt.

Uns interessieren hier die chemischen Bäderwirkungen. Mögliche Mechanismen hierfür, die über das Hautorgan vermittelt werden, sind nach Kleinschmidt, Drexel und Dirnagl (12)

- 1.) die unmittelbare Resorption von Wasser und in Wasser gelösten Substanzen durch die Haut in den Blutkreislauf und damit in den Gesamtorganismus (Spontanresorption),
- 2.) die Ablagerung (Deposition) von Bade-Inhaltsstoffen in der Haut mit der Ermöglichung einer Nachresorption,
- 3.) das Herauswachsen (Eluation) primär hauteigener, aber auch körpereigener Substanzen.

So unbestritten die Wirkung der Solbäder auf den menschlichen

Organismus auch ist, Grüninger (13) untersuchte beispielsweise ihren Einfluß auf die Gewichtskurve und Senkungsgeschwindigkeit der roten Blutkörperchen, so schwierig ist es jedoch, einen direkten Einfluß der gelösten Stoffe auf den Gesamtorganismus nachzuweisen.

Lotmar (14) ist der Meinung, daß auch heute noch vorwiegend an den indirekten Weg über das vegetative Nervensystem gedacht werden muß.

Kleinschmid (15) sieht die therapeutische Wirkung der Mineralwasserbäder als Reiz-Wirkung auf und in der Haut und durch diese mit all ihren indirekten Reaktionen auf die Organe.

Evers (1) spricht von einer unspezifischen Reizwirkung.

Erst die moderne Isotopenmarkierungsmethode konnte die grundlegende Frage positiv beantworten, ob im Rahmen der Heilbäderanwendung die Mineralsalze überhaupt die menschliche Haut zu durchdringen vermögen. Hier möchte ich auf eine Reihe von Arbeiten an unserem Institut verweisen:

Presch (16), Dirnagl und Presch (17), Dirnagl, Drexel und Quentin (18), Drexel und Dirnagl (19), Dirnagl und Drexel (20, 21, 22), Dirnagl (23, 24).

Die Ionenmenge, die tatsächlich durch die Haut hindurch in den Organismus eindringt, ist jedoch außerordentlich klein. Kleinschmidt, Drexel und Dirnagl (12) vergleichen die Durchtrittszahlen von Badeinhaltsstoffen durch die Haut in Verbindung mit den vorkommenden Konzentrationen von Quellbestandteilen in Heilwässern und folgern daraus, daß nennenswerte Substitutions- und Transmineralisationswirkungen für den Gesamtorganismus nicht erwartet werden dürfen.

Hier sei auch noch auf die Tiefenverteilung der einzelnen Inhaltsstoffe hingewiesen. Für Bäderinhaltsstoffe wurde die Hautabrißmethode mit TESA-Filmstreifen von Drexel und Dirnagl (25) und für Gelwirkstoffe von Pratzel (26) durchgeführt.

Abschließend sei noch eine Tabelle von Kleinschmidt (15) erwähnt, in der weitere Untersuchungen über die Hautwirkung von

Solbädern angegeben sind.

2. Die Wirkung von ultravioletten Strahlen auf Haut und Organismus

Über dieses Thema wurde bereits eine große Anzahl verschiedenartigster Untersuchungen durchgeführt. So erforschte Graul (27) den UV-Einfluß auf Zellpermeabilität und Atmungsstoffwechsel feuchthäutiger Tiere, Heite und Wurbs (28) befaßten sich mit Wärmeleitmessungen an der menschlichen Haut unter dem Einfluß von Ultraviolett- und Röntgenstrahlen und stellten 24 und 72 Stunden nach Röntgenbestrahlung (1000 R Nahbestrahlungen) einen signifikanten Anstieg der Wärmeleitzahl der Haut fest. Unter UV-Bestrahlung trat bei ihren Versuchsbedingungen (5fache Erythemschwelle) keine wesentliche Änderung des Wärmeleitvermögens ein. Kihn (29) schrieb in diesem Zusammenhang über die Sauerstoffaufnahme der Haut, Zlotowski und Blank (30) über die Reduktion von Methämoglobin und Gießmann und Fuhlich (31) beschäftigten sich mit der Magensaftabsonderung im Zusammenhang mit UV-Bestrahlung, um nur einige der vielen Themen herauszugreifen.

Wird die menschliche Haut mit der Erythemschwellendosis oder darüber von ultraviolettem Licht bestrahlt, so tritt nach einer gewissen Latenzzeit eine Rötung auf. Die Haut absorbiert Lichtquanten, welche über eine photochemische Reaktion die Bildung bzw. Umwandlung von chemischen Stoffen wie z.B. Histamin aus Histidin verursachen. Diese umgewandelten Stoffe gelangen an die Kapillaren und erweitern diese auf humoralem Wege. Histamin, um bei dem Beispiel zu bleiben, wirkt im Sinne einer Förderung der Bildung von Hyaluronidase, einem Ferment, welches die Hyaluronsäure angreift. Letztere ist ja ganz allgemein als Kittsubstanz der Gewebe bekannt. In der oben bereits erwähnten Arbeit von Graul (27) wurde eine Permeabilitätsänderung an den Zellgrenzflächen nach UV-Bestrahlung beschrieben. Näher auf diesen komplexen Vorgang der Lichtentzündung, der noch in vielen Einzelheiten auf Hypothesen basiert,

einzugehen, liegt nicht im Sinne dieser Arbeit.

Hier sei besonders auf Untersuchungen von Tronnier (32) und Wiskemann (33) hingewiesen, die sich auch näher mit der Bedeutung der Hornschicht, der Pigmentierung sowie der direkten Kapillarwirkung des langwelligen ultravioletten Lichtes befassen. Tronnier konnte zeigen, daß die Hornschicht selbst sowie ihre Dicke das Auftreten des Erythems nur relativ wenig beeinflussen und zweifelt deshalb an der Bedeutung des alleinigen Filtereffektes der Hornschicht. Er betrachtet sie als Reservoir von Vorstufen erythemauslösender Stoffe, die durch UV-Bestrahlung freigesetzt werden oder entstehen.

Wiskemann bespricht die Messung, spektrale Wirkungskurve, Gradation, Entstehung und Abhängigkeit der UV-Entzündung von der zeitlichen Dosisverteilung.

Die Tatsache, daß man die biologisch wirksamen UV-Strahlen in UV A, UV B und UV C einteilt, läßt schon vermuten, daß bei der Erythemgradation die Wellenlänge der Strahlen eine ganz entscheidende Rolle spielt. Dies schlägt sich in der spektralen Erythemwirkungskurve nieder, die bereits im Jahre 1927 von Hausser und Vahle (34) erarbeitet wurde. Sie fanden Maxima bei etwa 297 und etwa 254 nm.

Wir benutzten die UV-Bestrahlung der Haut als Modell für eine entzündliche Hautreaktion, wie es für Schweine von Logan und Wilhelm (35) oder für Kaninchen von Nathan und Stern (36) angegeben wurde. Erstere untersuchten die Vasodilatation als Intensität und Farbe des örtlichen Erythems, die Gefäßpermeabilität als lokale Ausschwemmung von Evans Blue und den Leukozytenaustritt durch mikroskopische Betrachtung von Hautteilen. Auch Wiskemann (33) hebt besonders das Wort Lichtentzündung hervor, da nach seinen Worten das Licht nicht nur ein Erythem, das heißt eine vermehrte Blutfülle, sondern auch Oedem, Blutaustritt aus den Hautgefäßen, Abstoßung der Hornschicht, Blasenbildung und unter Umständen sogar Nekrose hervorzurufen vermag.

Betrachten wir die Reaktion der Haut auf längere UV-Einwirkung,

so finden wir tatsächlich alle klassischen Kardinalsymptome einer Entzündung. Rubor, das Erythem als Folge der Hyperämie, dolor, den Schmerz der auf der Irritation der freien Nervenendigungen beruht, calor, die Wärme, bedingt durch Kapillarerweiterung und vermehrten Blutdurchfluß sowie tumor und functio laesa, die deutlich erst bei stärkerer UV-Einwirkung auftreten.

3. Literatur zu den angewandten Meßverfahren

a) Temperaturmessung

Nach Stüttgen (37) hat die Hautthermometrie zu wesentlichen klinisch-experimentellen Ergebnissen geführt, die die Deutung der Pathogenese von Durchblutungsstörungen erleichtern. Sie hat aber den Nachteil, daß vergleichende Messungen an konstante äußere Faktoren wie Raumtemperatur und Raumfeuchtigkeit gebunden sind, da die Wärmestrahlung und die Wärmeleitfähigkeit regulierende Faktoren der Hauttemperatur sind.

In ihren Untersuchungen über die Wirkung von natürlichen Schwefelbädern auf pathologische Funktionen von Hautarterien, welche sich in veränderten Hauttemperaturen äußern, gab Sadel (38) ein Thermoelement an, welches Messungen bis zu einem Zehntel Grad Celsius gestattet.

Forcher-Mayr (39) betrachtet die lokal erhöhte Hauttemperatur in Anlehnung an Heidenwolf als Kardinalsymptom für die jeweilige entzündliche Hyperämie oder örtlich gesteigerte Wärmeproduktion. In seiner Arbeit über die Prüfung von Sonnenschutzmitteln durch hautthermometrische Untersuchungen führte er die Messungen mit dem Hautthermometer nach Heidenwolf durch.

Grüninger, Klüken und Merkle (40) befaßten sich mit der Temperaturwirkung von Solebädern auf Kinder. Sie konnten diese Wirkung gut erkennen und nachweisen und gaben als Methode die thermoelektrische Messung der Hauttemperatur mittels Thermoelementen an.

Auf Grund der Untersuchungen von Buchmüller (41) ist es auch,

wie er selbst angibt möglich, Temperaturbestimmungen der lebenden menschlichen Haut auf radiometrischem Wege exakt durchzuführen. Er beschreibt eine Anordnung zur direkten Messung ihres Emissionsvermögens nach spektraler Zerlegung und unter Benutzung eines Wechsellichtverfahrens mit Resonanzverstärkung im Wellenlängenbereich von 3-15 μm .

Kihn (29) bestimmte in ihrer Versuchsreihe über die Sauerstoffaufnahme der Haut nach UV- und nach Röntgenbestrahlung auch die Hauttemperatur ihrer Probanden. Sie benutzte hierzu ein thermoelektrisches Gerät der RFT-Werke, Dresden (Meßgenauigkeit ca. 0,2 Grad Celsius). - Abschließend noch eine zusammenfassende Aufstellung über die verschiedenen möglichen Methoden zur Hauttemperaturmessung nach Gottron und Schönfeld (42):

HAUTTHERMOMETER

- A) Quecksilberthermometer
 - B) Differentialthermometer
 - C) Widerstandselektrische Thermometer
(mit metallischen Leitern, mit elektrischen Halbleitern)
 - D) Strahlungsthermometer
 - E) Thermoelektrische Kontaktthermometer
(worunter das von uns benutzte fällt)
 - F) Magnetomechanische Thermometer
(Heidenwolf-Thermometer)
- b) Remissionsmessung

Um zu einer Aussage über die Hautfarbe zu kommen, bediente man sich früher der Beschreibung, des Vergleichs mit Farbtäbellen oder der Photographie.

Tronnier (43) gibt in einer Tabelle eine ganze Reihe von möglichen Verfahren an.

Alle Methoden, bei denen das subjektive Farbempfinden des Untersuchers eine Rolle spielt, sind nicht zuverlässig reproduzierbar.

Erst seit Einführung der Hautfarbenmessung, basierend auf der Bestimmung der Remissionsminderung, haben wir eine zuverlässi-

ge und reproduzierbare Erythemmeßmethode zur Hand. Hierbei ist diejenige Strahlung von Bedeutung, die mehr oder weniger tief in die Haut eindringt und von dort durch Remission zurückgeführt wird.

Diese diffuse Rückstrahlung, aus der man nach Pfleiderer (45) Rückschlüsse auf den Zustand der Haut ziehen kann, zeigt die Eigenschaften eines Absorptionsspektrums, wobei je nach den spektralen Penetrations- und Absorptionsbedingungen verschiedene Hautschichten als Streu- und Absorptionsfilter wirken. Hierbei stört die durch spiegelnde Reflexion an der Hautoberfläche zurückgeworfene Strahlung. Dies wird besonders deutlich durch das von Pfleiderer erwähnte Phänomen, daß bei Beobachtung der Haut im Glanzwinkel weder deren Eigenfarbe noch deren Struktur erkennbar ist.

Eine Abnahme der Grünremission, definiert als prozentuales Verhältnis der diffusen Rückstrahlung von Meßfläche und Standard, läßt auf eine vermehrte Blutfülle, das heißt Rötung schließen. Daß eine gleichzeitige Pigmentierung ebenfalls in die Messungen miteingeht, muß in Kauf genommen werden, wenn man auch zunächst versucht hat, sie durch gleichzeitige Remissionsmessungen mit Rotfilter später rechnerisch zu eliminieren. Tronnier (43) konnte jedoch zeigen, daß reine Nikotinsäure-estererytheme ebenfalls eine Abnahme der Rotremission verursachen.

Bücker (46) unterscheidet zwischen unspezifischem Erythem und spezifischem, wobei die Latenzzeit beim unspezifischen Erythem kleiner ist. Dieses, rein von der absorbierten Energie hervorgerufene Wärmeerythem, spielt im längerwelligen UV-Bereich eine Rolle und seine Latenzzeit beträgt nur wenige Minuten. Diese kurze Latenzzeit ist, so Bücker, nötig, um das Erythem als Schutzwirkung zum Tragen kommen zu lassen, d.h. daß die erhöhte Blutzirkulation die Haut kühlen kann.

Seit einigen Jahren gibt es ein Remissionsmeßgerät ELREPHO der Zeisswerke Oberkochen für Hautfarbmessungen, welches im wesentlichen aus einer durch zwei Glühlampen erleuchteten Ul-

brichtschen Kugel besteht.

Das in einer Arbeit von Tronnier (43) erwähnte Phlogistometer nach Bürger, ist ähnlich dem von uns modifizierten Gerät von Lange und Henschke (47) aufgebaut.

c) pH-Wert-Bestimmung

Der von Marchionini (48) geprägte Ausdruck "Säuremantel der Haut" bezieht sich auf deren wichtige Funktion im Rahmen der Selbstdesinfektion. Bei Gaskettenmessungen der Oberflächenreaktion der gesunden menschlichen Haut fand er mit einer eigens für diesen Zweck konstruierten Wasserstoff-Glocken-Elektrode im Jahre 1927 gemeinsam mit Schade den überraschend hohen Säuregrad von pH 3,0-5,0. Er führte diese Tatsache zunächst auf den Schweiß zurück, entdeckte aber, daß der pH von frischem Schweiß über seinen gemessenen Haut-pH-Werten lag. Daraus schloß er, daß alle in der obersten Hornschicht vorhandenen wasserlöslichen Bestandteile zur Beantwortung dieser Frage herangezogen werden müssen.

Stüttgen (37) schreibt, daß der Schweiß, bei direkter Gewinnung aus den schweißführenden Gängen, einen pH-Wert von 5,5-6,75 hat und daß er erst durch Auflösung der entsprechenden Substanzen der Hautoberfläche seinen stärker sauren Charakter gewinnt.

Szakall (49) war der Meinung, daß der Haut-pH auf die in der Hornschicht vorhandenen freien und herauslösbaren Aminosäuren beruht.

Zahlreiche Autoren kamen zu ähnlichen Ergebnissen, so daß man mit Epprecht (50) annehmen kann, daß die von Marchionini und Schade 1927 gefundenen Meßwerte mit Sicherheit zu tief liegen. Epprecht stellte außerdem den großen Vorteil der pH-Meßeletroden heraus und erwähnte die von Dr. W. Ingold entwickelte Oberflächenmeßkette, wie sie ähnlich auch von uns benutzt wurde, als Voraussetzung für eine reproduzierbare pH-Messung an der Hautoberfläche. Bei seiner Untersuchung von 60 Rekruten

1. 10/10/11

The first thing I noticed when I stepped out of the car, the sun was shining brightly on my face. I felt a warm glow, a sense of peace. The air was fresh, the smell of the sea was in the air. I took a deep breath, and I felt like I was in a new world. The sun was shining brightly on my face, and I felt like I was in a new world. The air was fresh, the smell of the sea was in the air. I took a deep breath, and I felt like I was in a new world.

The first thing I noticed when I stepped out of the car, the sun was shining brightly on my face. I felt a warm glow, a sense of peace. The air was fresh, the smell of the sea was in the air. I took a deep breath, and I felt like I was in a new world. The sun was shining brightly on my face, and I felt like I was in a new world. The air was fresh, the smell of the sea was in the air. I took a deep breath, and I felt like I was in a new world.

1. 10/10/11

The first thing I noticed when I stepped out of the car, the sun was shining brightly on my face. I felt a warm glow, a sense of peace. The air was fresh, the smell of the sea was in the air. I took a deep breath, and I felt like I was in a new world. The sun was shining brightly on my face, and I felt like I was in a new world. The air was fresh, the smell of the sea was in the air. I took a deep breath, and I felt like I was in a new world.

während der drei aufeinanderfolgenden Tage der Meßreihe keine unerwünschten Zwischenbestrahlungen stattfinden, was sich beispielsweise bei Arm- oder Rückenbestrahlung nicht so selbstverständlich hätte vermeiden lassen.

Mittels lichtundurchlässiger, selbstklebender Kunststoffschablonen, in welchen die zu bestrahlenden sechs Felder ausgeschnitten wurden, erreichten wir, daß während der Latenzzeit des Erythems die Meßstellen eindeutig fixiert blieben. Besonders die Meßdaten eine Stunde nach der Bestrahlung wären beim Verrutschen einer herkömmlich verwendeten Papp- oder Gummischablone mit Sicherheit verloren gegangen. Ferner hatten die von mir benutzten Schablonen den Vorteil, daß die verschiedenen Wässer während der Bebadung nicht über die freie Haut zusammenlaufen konnten, sondern eindeutig separiert blieben. Die Größe der ausgesparten Felder richtete sich nach den Auflageflächen von Thermokreuz, Erythemmeßgerät und pH-Glaskette. Die Abmessung des einzelnen Rechtecks betrug drei auf vier Zentimeter.

Das Problem, künstlich eine lokale Hautschädigung hervorzurufen, lösten wir mit einer handelsüblichen Hanauer Höhensonne. Sie war auf ein fahrbares Stativ montiert und in der Höhe verstellbar. Vor der Benutzung mußte sie mindestens zehn Minuten einbrennen. Die Bestrahlung erfolgte in definiertem Abstand von der Gesäßoberfläche und mit durch Eigenversuche an den Unterarmen als günstig erachteter Dauer.

Bebadet wurde mit rechteckigen Zellstoff-Fleckchen, auf welche die Flüssigkeiten aufgetropft wurden. Die Methode mit den Gummiringen, wie sie von Dimitrios (51) angegeben wird, schien auf Grund der gewölbten Körperstelle für diese Versuche weniger geeignet.

Die verwendete Sole Rheinfeldens (3%), die uns bereits fertig vorlag, wurde hergestellt, indem man 94 ml Rohsole auf 1000 ml destilliertes Wasser gab. Die Sole mit Kalziumzusatz bestand aus 24 g NaCl und 7,92g $\text{CaCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ auf 1000 ml destilliertes Wasser. Der pH der Sole betrug 7,83, derjenige von Sole mit

Kalziumzusatz 5,42.

Zur Temperaturmessung hatten wir ein Thermorapidgerät der Firma Medeor zur Verfügung. Mit Hilfe eines Thermokreuzes konnten wir relativ schnell hintereinander die verschiedenen Felder durchmessen. Der Temperaturwert wird als Ausschlag auf der Galvanometerskala abgelesen. Eine Stunde vor Meßbeginn mußte das Gerät bereits eingeschaltet werden. Eine Überprüfung der Zuverlässigkeit erfolgte durch Vergleichsmessungen mit verschiedenen Thermokreuzen am gleichen Hautfeld. Die Meßgenauigkeit lag im Bereich von 0,1 - 0,2 Grad Celsius.

Die Messung der Hautremission erfolgte nach dem Prinzip der Hautfarbenmessung, mittels eines von Dirnagl modifizierten, röhrenförmigen Meßgerätes, wie es in der Literatur von Lange und Henschke (47) angegeben wurde (siehe Abbildung 1). Es besteht im wesentlichen aus einer Lichtquelle, einem Filter und einer Photozelle. Das Licht gelangt über ein Linsensystem durch den Filter auf die entsprechende Hautstelle. Das von dort remittierte Licht trifft auf die Photozelle und der Photostrom wird einem Galvanometer, in unserem Fall einem Multiflex-Galvanometer Dr. B. Lange MGF O zugeführt, welches es ermöglicht, ihn auf der Skale abzulesen. Der Lichtquelle war ein Netzgerät (Modell H R 20 - 10 b, 0 - 20 V, 10 A) vorgeschaltet, welches für gleichmäßigen, beim Eichvorgang variierbaren Strom sorgte. Das Prinzip des Meßvorgangs besteht darin, daß je röter, sprich dunkler die Haut ist, desto weniger Remission gemessen werden kann. Meine Vorgänger an unserem Institut verwendeten einen grünen Glasfilter mit einer Durchlässigkeit bei ca. 520 nm.

Einer Veröffentlichung von Tronnier (43) zufolge ist das Erythem jedoch bei 500 nm am besten zu erfassen. Dieses Problem lösten wir mit einem grünen Folienfilter, welcher genau diesen Anforderungen entsprach, jedoch leider den Nachteil hatte, etwa 3 - 4 mal weniger lichtdurchlässig zu sein, als der Glasfilter (siehe Abbildung 2). Deshalb war es notwendig, das Meßgerät in Bezug auf Lichtquelle, Linsensystem und Abstände

umzubauen. Außerdem wurde zwischen Lämpchen und Linsen ein Wärmefilter angebracht.

Beim Meßvorgang wird das Gerät mit gleichmäßigem Druck, das kleine runde Fenster der zu prüfenden Hautstelle zugewandt, auf diese aufgesetzt. Zwischen jeder Meßreihe wurde mit einem angerauchten Teflonplättchen als 100%-Standard geeicht. Die Meßgenauigkeit betrug 1 - 2%.

Für die pH-Messung benutzten wir eine Einstabmeßkette der Firma Dr. Ingold, angeschlossen an ein Radiometer - pH Meter Typ PMH 26c der Firma Hillerkurs, ein elektronisches Meßgerät für direkte Messungen von pH-Werten. Der Meßvorgang besteht darin, daß die Meßkette inmitten eines Tropfens destillierten Wassers mit leichtem, gleichmäßigem Druck auf die zu prüfende Hautstelle aufgebracht wird und dort solange völlig unbeweglich verweilt, bis sich der Zeiger auf einen Ausschlag eingependelt hat. Die Eichung erfolgte nach jeder Meßreihe mit Standardlösungen. Die Nacheichungen bewegten sich im Bereich von 0,01 - 0,05 pH-Einheiten. Die Meßgenauigkeit in Bezug auf die Haut-pH-Werte bewegte sich zwischen einigen Hundersteln und wenigen Zehnteln. Das Gerät arbeitete in Bezug auf pH-Messungen in Flüssigkeiten äußerst genau, nur das Auffinden eines zuverlässig reproduzierbaren Haut-pH-Wertes machte bei unseren Versuchen manchmal große Schwierigkeiten, was natürlich mit dem variierenden Haut-pH zusammenhängt.

3. Versuchsdurchführung

Die Versuche fanden in der Zeit von Anfang April bis Ende Juli 1973 in unserem Institut statt. Bei ihrer Durchführung waren wir bemüht, von Anfang an ein gewisses Schema einzuführen und dieses möglichst beizubehalten.

Eine Stunde bevor der Proband ins Institut kam, wurde das Temperaturmeßgerät eingeschaltet. Nach kurzer Unterweisung über den Versuchsablauf legte sich die Person mit dem Rücken nach oben auf eine Krankenliege und es erfolgte die Felderauswahl. Hautunebenheiten, Muttermale und dergleichen wurden ausgespart

und die klebende Schablone befestigt. Nun, ca. 10 - 15 Minuten nach Ankunft des Probanden, begann die erste Durchmessung der sechs Felder. Die doppelt ausgeführte Temperaturmessung beanspruchte 2 - 3 Minuten. Die ebenfalls zweifach durchgeführte Remissionsmessung mit Zwischeneichungen, zweimal ohne Filter und zweimal mit Grünfilter, dauerte ca. 10 Minuten. Im Anschluß daran wurde die Höhensonne eingeschaltet und in einer Ecke des Raumes abgeschirmt. Nun kam die, je nach Reproduzierbarkeit zwei- bis vierfach wiederholte pH-Bestimmung mit einer Zwischeneichung an die Reihe. Sie nahm mindestens 15 Minuten in Anspruch. Im Anschluß daran erfolgte die völlige Bedeckung jeglicher unbedeckter Körperstelle des Probanden, bis auf die sechs ausgesparten Felder. Nun wurde die abgedeckte Höhensonne herangerollt und in genau 50 cm Entfernung zur Körperoberfläche gebracht. Gleichzeitig mit dem Auslösen einer Stoppuhr, wurde die Lampenabdeckung weggezogen, nach 30 Sekunden die linken drei Felder abgeschirmt und nach insgesamt 60 Sekunden die Höhensonne ausgeschaltet. Sofort danach wurden die Zellstoff-Fleckchen aufgebracht, die zwei dem Rücken am nächsten mit destilliertem Wasser, die nächsten beiden mit Sole und die untersten mit Sole und Kalziumzusatz getränkt und eine Stunde auf den Feldern belassen. Alle zehn Minuten wurden ein paar Tropfen der einzelnen Flüssigkeiten aus Kunststoffspritzen nachgetropft. Nach Ablauf der 60 Minuten wurden die Fleckchen abgenommen, die Flüssigkeiten abgetupft und die Messungen in der vorher beschriebenen Reihenfolge durchgeführt. Jeweils im Abstand von einer Stunde wurden die Messungen wiederholt. Im Anschluß an die fünfte Messung nach der Bebadung wurde die Versuchsperson entlassen. Vierundzwanzig Stunden nach der Bebadung erfolgte dann die vorletzte, und achtundvierzig Stunden danach die letzte Meßreihe.

Genau nach diesem Schema verliefen nur die ersten drei Versuche. Aus später zu erläuternden Gründen, wurde in den folgenden Versuchen einiges abgeändert. Ab Versuchsperson Nr. 4, wurden die Bestrahlungszeiten verdoppelt und betrugen nun für die linke Seite 60 Sekunden und für die drei rechten Felder 120 Sekun-

den. Ab Proband Nr. 7 wurde noch vor der letzten Messung am ersten Tag eine halbstündige Zwischenbebadung eingeschaltet und der pH-Wert nur noch bei der ersten Messung ermittelt. Bei Probandin Nr. 10 und Nr. 11, wurden probeweise die Flüssigkeiten auf den Feldern vertauscht. Bei ihr wurden die cranialen zwei Felder mit Sole, die beiden nächsten mit destilliertem Wasser und die caudalen mit Sole und Kalziumzusatz behandelt. Bei Versuch Nr. 11, war die Reihenfolge der Badeflüssigkeiten von oben nach unten, Sole mit Kalziumzusatz, destilliertes Wasser und Sole. Probandin Nr. 12 wurde nach ursprünglichem Schema behandelt. Die Versuche Nr. 13 - 15 waren Kontrollversuche, mit jeweils nur einer Badeflüssigkeit.

V. ERGEBNISSE

I. Chronologische Abhandlung der durchgeführten Versuche

Da jede Versuchsperson ihre Besonderheiten hatte, sowie das ursprünglich gewählte Schema verschiedenartig abgeändert wurde, seien zunächst der Reihe nach die einzelnen Versuche beschrieben.

Proband Nr. 1 erwies sich der Höhensonnenbestrahlung gegenüber als besonders empfindlich. Er war blond und hatte normal helle Hautfarbe. Er gab an, daß er im Sommer zu Sonnenbrand neigen würde. Bereits zwei Stunden nach der Bestrahlung wurden bei ihm die Erytheme deutlich sichtbar. Sie erreichten nach fünf Stunden ein vorläufiges, tiefrotes Maximum. Noch nach 48 Stunden, zur Zeit der letzten Messung, war die Rötung deutlich zu sehen und hielt auch darüber hinaus noch längere Zeit an. Das Hauttemperaturmaximum im Verlauf des Versuchs lag nach fünf Stunden bei 35 Grad Celsius. Das Temperaturminimum im Anschluß an die einstündige Bebadung bei 25 Grad Celsius. Der mittlere Gesäßhaut-pH betrug 6,0 pH-Einheiten.

Die zweite Versuchsperson hatte dunkle Haarfarbe, war ein zierlicher Typ und zeigte bei gleicher Bestrahlungszeit nach zwei Stunden eine leichte Rötung der sechs Felder. Nach fünf Stunden waren gleichmäßig ausgeprägte Erytheme auf allen sechs Feldern zu beobachten, mit leichter Betonung des mit Sole bebadeten und 60 Sekunden bestrahlten Feldes. Nach 48 Stunden waren alle Rötungen nahezu völlig verschwunden. Das Hauttemperaturmaximum war zu Versuchsbeginn und betrug 34,5 Grad Celsius, das Minimum nach der Bebadung betrug 22 Grad Celsius. Der mittlere Haut-pH am Gesäß war zu Beginn des Versuchs 6,0.

Versuch Nr. 3 gab Anlaß dazu, ab dem nächsten Probanden die Bestrahlungszeit zu verdoppeln. Bei gleichem Versuchsablauf wie oben trat bei ihm, einem jungen Mann mit braunem Haar und etwas dunklerer Ausgangshautfarbe keinerlei sichtbare Rötung auf, obwohl er angab, durchaus sonnenbrandgefährdet zu sein. Das Hauttemperaturmaximum lag bei Versuchsbeginn und betrug

33,5 Grad Celsius, sein Minimum nach der Bebadung 27 Grad Celsius. Der mittlere pH seiner Gesäßhaut betrug zu Versuchbeginn 4,8.

Erst rückblickend konnte man mit Sicherheit annehmen, daß der erste Proband besonders empfindlich auf UV-Strahlen reagierte. Zunächst meinten wir, daß die Versuchsperson Nr. 2 besonders unempfindlich sei. Als sich dann aber bei Versuch Nr. 3 nahezu keinerlei Reaktion auf die 30 bzw. 60 Sekunden Bestrahlungsdauer zeigte, beschlossen wir, ab dem nächsten mit 60 bzw. 120 Sekunden bei gleichbleibender Entfernung von 50 cm zu bestrahlen.

So traten dann auch bei Probandin Nr. 4 wieder gutausgeprägte Erytheme auf, mit deutlichem Intensitätsunterschied zwischen linker und rechter Seite. Diese Versuchsperson, welche eine normal helle Hautfarbe hatte und braunes Haar besaß, gab bei der letzten Messung, 48 Stunden nach der Bestrahlung an, daß ein Berühren des mit Sole bebadeten und 120 Sekunden bestrahlten Feldes leichtes Brennen verursacht. Besagtes Feld war noch nach 48 Stunden tiefrot. Im Verlauf des Versuchs war das Maximum der Hauttemperatur nach 24 Stunden bei 35,7 Grad Celsius, das Minimum nach der Bebadung bei 27 Grad Celsius. Der mittlere Gesäßhaut-pH vor der Bebadung betrug 5,1.

Versuchsperson Nr. 5, wie Nr. 3 von etwas dunklerer Hautfarbe und mit braunem Haar, weiblich wie alle folgenden Personen, zeigte deutlich ausgeprägte Erytheme mit einem ersten Maximum drei bis vier Stunden nach der Bestrahlung und einem leichten Rückgang der Rötung nach fünf Stunden. Die drei 120 Sekunden bestrahlten Felder zeigten nach 24 Stunden ein erneutes Erythemmaximum. Linke und rechte Seite unterschieden sich in der Intensität ihrer Rötung deutlich voneinander. Nach 24 Stunden waren die mit 60 Sekunden bestrahlten Felder nur noch ganz schwach gerötet. Das Hauttemperaturmaximum dieses Versuchs betrug vier Stunden nach der Bestrahlung 35,8 Grad Celsius, das Minimum bei der letzten Messung 31,2 Grad. Der mittlere pH-Wert der Gesäßhaut lag bei 6,4.

Probandin Nr. 6 hatte normal helle Hautfarbe, dunkles Haar und zeigte sich weniger empfindlich UV-Strahlen gegenüber. Es traten nur schwache Erytheme auf, mit einem Maximum des mit Sole bebadeten und 120 Sekunden bestrahlten Feldes nach fünf Stunden. Bei der letzten Messung war nur noch eine sehr schwache Rötung festzustellen. Hauttemperaturmaximum und -minimum waren nach vier Stunden bei 35,2 Grad Celsius und nach der Bebadung bei 28 Grad Celsius. Der mittlere Gesäßhaut-pH betrug 5,5.

Bei Versuch Nr. 7, einer weiblichen Person mit normal heller Hautfarbe und dunklem Haar, zeigte sich zwei Stunden nach der Bestrahlung noch keinerlei Rötung. Nach vier Stunden traten jedoch sehr deutlich ausgeprägte Erytheme auf. Ab diesem Versuch wurde noch eine halbstündige Zwischenbebadung vor der letzten Messung am ersten Tag durchgeführt, um mehr Ähnlichkeit mit vorhergegangenen Versuchen hier an unserem Institut herzustellen. Bei der abschließenden Messung nach 48 Stunden berichtete die Probandin über Wärmeempfindungen beim Sitzen und Liegen. Die Erytheme waren noch gut ausgeprägt. Die Hauttemperaturmaxima lagen nach 24 und nach 48 Stunden bei ca. 36 Grad Celsius, das Minimum nach der ersten Bebadung bei 24 Grad. Der pH-Mittelwert der unbehandelten Gesäßhaut betrug 5,3.

Versuchsperson Nr. 8 hatte braunes Haar und zeigte bei der ersten Messung sehr helle Hautwerte. Auch gab sie an, sehr sonnenbrandempfindlich zu sein. Nach kurzem Zögern, entschieden wir uns mit ihrer Einwilligung, sie dennoch 60 bzw. 120 Sekunden zu bestrahlen. Zu unserer großen Überraschung zeigte sich jedoch nach drei Stunden noch keinerlei Rötung. Die nach vier Stunden begonnene schwache Rötung ging nach der halbstündigen Zwischenbebadung wieder etwas zurück. Deutlich sichtbare Erytheme traten dann nach 24 Stunden auf. Nach 48 Stunden zeigte sich bereits wieder eine ähnlich schwache Rötung wie vier Stunden nach der Bestrahlung. Das Maximum der Hauttemperatur lag nach vier Stunden bei 32,2 Grad Celsius,

das Minimum nach der ersten Bebadung bei ca. 25 Grad Celsius. Der mittlere Gesäßhaut-pH betrug 6,2.

Probandin Nr. 9 mit durchschnittlich heller Haut und braunem Haar zeigte nach vier Stunden gut ausgeprägte Erytheme, welche nach 48 Stunden aber kaum mehr zu sehen waren. Die Hauttemperatur bewegte sich zwischen 35,5 Grad Celsius nach vier Stunden als Maximum und 25,5 Grad nach der ersten Bebadung als Minimum. Der gemittelte pH-Wert der Gesäßhaut betrug zu Beginn des Versuches 6,2.

Bei Versuch Nr. 10 und 11 wurden, wie bereits oben beschrieben, die Flüssigkeiten auf den Feldern probeweise vertauscht und zwar derart, daß auf den rückennahen beiden Feldern bei Nr. 10 anstatt destilliertem Wasser jetzt Sole angewendet wurde. Dann folgten nach unten zu destilliertes Wasser und Sole mit Kalziumsatz. Bei Nr. 11 war die Reihenfolge von oben nach unten Sole mit Kalziumzusatz, destilliertes Wasser und Sole. Beide Versuchspersonen hatten relativ helle Hautwerte und dunkles Haar. Bei Nr. 10 traten nach vier Stunden schwache Erytheme auf. Nach 24 Stunden waren sie jedoch gut sichtbar ausgeprägt. Das Hauttemperaturmaximum im Verlauf des Versuchs war nach 24 Stunden mit 34,7 Grad Celsius, das Minimum mit 26 Grad Celsius nach der ersten Bebadung. Der mittlere Gesäßhaut-pH betrug 5,5. Bei Nr. 11 trat nach vier Stunden ein Erythemmaximum auf und noch nach 48 Stunden waren die Rötung der mit 120 Sekunden bestrahlten drei Felder deutlich sichtbar. Die Maximal- bzw. Minimalwerte der Hauttemperatur lagen nach vier Stunden bei 34,8 Grad Celsius und nach der ersten Bebadung bei 25,6 Grad. Der mittlere pH-Wert der unbehandelten Gesäßhaut betrug 6,8, was zugleich dem höchsten pH-Wert der 15 Versuchspersonen entsprach.

Die Ergebnisse aus diesen beiden Versuchen ließen es möglich erscheinen, daß die Lage der Felder einen Einfluß auf die gemessenen Werte haben könnte, was dann durch die Kontrollversuche Nr. 13 - 15 mit jeweils nur einer Badeflüssigkeit näher untersucht wurde. Da ich über dieses Problem jedoch erst noch

mit meinem Betreuer sprechen wollte, und dieser momentan nicht erreichbar war, führte ich inzwischen noch einen Versuch nach dem obigen Schema durch.

Versuchsperson Nr. 12 hatte mittelhelle Haut und blondes Haar. Sie zeigte vier Stunden nach der Bestrahlung stark ausgeprägte Erytheme, mit deutlichem Unterschied zwischen den linken und rechten drei Feldern. Während durch die halbstündige Zwischenbebadung die Rötungen wieder zurückgingen und auch nach 24 Stunden gleichblieben, zeigten sich nach 48 Stunden erneut starke Erytheme, besonders bei den mit 120 Sekunden bestrahlten Feldern. Dieses zweite Rötungsmaximum übertraf sogar etwas das nach vier Stunden aufgetretene erste. Diese drei Felder waren auch berührungsempfindlich. Das Hauttemperaturmaximum lag nach vier Stunden bei 35,7 Grad Celsius, das Minimum nach der einstündigen Bebadung bei 25,7 Grad. Der mittlere Gesäßhaut-pH betrug 4,6, was zugleich der niedrigste pH-Wert aller 15 Versuchspersonen war.

Versuch Nr. 13 war der erste Kontrollversuch. Die Versuchsperson hatte dunkles Haar und normal helle Hautfarbe. Alle Felder wurden nur mit Sole bebadet. Nach drei bis vier Stunden setzte eine relativ schwach ausgeprägte Rötung ein. Die Extremwerte der Hauttemperatur im Verlauf des Versuchs lagen bei 35,0 Grad Celsius zum Zeitpunkt der ersten Messung und 26,6 Grad Celsius nach der einstündigen Bebadung. Der mittlere pH-Wert ihrer Gesäßhaut betrug 5,6.

Die 14. Versuchsperson hatte relativ helle Haut und braunes Haar. Bei ihr wurden alle Felder mit Sole und Kalziumzusatz bebadet. Sie gab an, sehr sonnenbrandgefährdet zu sein. Bei ihr stellte sich auch eine gut ausgeprägte Rötung ein mit einem Maximum nach vier Stunden. Schon nach drei Stunden registrierte sie leichtes Brennen beim Berühren mit den Meßgeräten und auch nach 24 Stunden waren die mit 120 Sekunden bestrahlten drei Felder noch berührungsempfindlich. Die Erytheme waren auf der rechten Seite deutlich stärker ausgebildet. Die Hauttemperaturen hatten ihr Maximum nach vier Stunden bei

35,3 Grad Celsius und ihr Minimum, nach der ersten Bebadung bei 25,1 Grad Celsius. Der durchschnittliche Gesäßhaut-pH betrug 6,0.

Probandin Nr. 15 war von blonder Haarfarbe und hatte mittelhelle Hautwerte. Alle sechs Felder wurden bei ihr nur mit destilliertem Wasser bebadet. Bei dieser letzten Versuchsperson traten die stärksten Erytheme auf, mit Maximum bei vier und bei 24 Stunden. Sie klagte über keinerlei subjektive Beschwerden. Nach 48 Stunden war die Rötung wieder deutlich zurückgegangen. Die Maximalwerte und Minimalwerte der Gesäßhauttemperatur lagen bei 35,9 Grad Celsius nach der vierten Stunde und 25,3 Grad nach der einstündigen Bebadung. Der mittlere pH-Wert ihrer Gesäßhaut betrug 6,0.

2. Ergebnisse aus den Temperaturmessungen

a) Ausgangslage

Bei der Betrachtung der Ausgangslage fallen uns zum Zeitpunkt der ersten Messung beträchtliche Schwankungen der Gesäßhauttemperatur, sowohl innerhalb der sechs Felder eines Probanden als auch zwischen den Versuchspersonen im allgemeinen auf. Die Schwankungsbreiten und Durchschnittswerte der jeweiligen Messungen der sechs Felder über alle 15 Probanden betrachtet, verdeutlicht folgende Übersicht:

Feld Nr.	Bereich der Gesäßhaut- temperaturen (in Grad Celsius)	Durchschnittswerte der Gesäßhauttempera- turen (in Grad Celsius)
1 cranial	30,3 - 35,0	32,4
2 Mitte	30,2 - 34,0	31,8
3 caudal	29,0 - 32,9	31,1
4 cranial	29,9 - 34,6	32,4
5 Mitte	30,0 - 34,2	31,9
6 caudal	28,7 - 32,9	31,0

Die Felder 1 und 4, 2 und 5, sowie 3 und 6 liegen mit zunehmendem Abstand vom Rücken nebeneinander. Betrachten wir die obige Tabelle, so fällt uns erstens eine Abnahme der Temperatur in Richtung der Beine zu auf und zweitens zeigt sich deutlich, daß jeweils zwei nebeneinanderliegende Felder in ihren Durchschnittswerten nahezu gleiche Temperaturen zeigen.

b) Zuverlässigkeit

Die Kontrollversuche Nr. 13 mit 15 sollten uns Aufschluß darüber geben, inwieweit die Lokalisation der Felder in bezug auf die Meßergebnisse nach der Bestrahlung eine Rolle spielt. Hierzu folgende Übersicht:

Feld Nr.	Versuchsperson Nr. 13 Sole	Versuchsperson Nr. 14 Sole u. Ca	Versuchsperson Nr. 15 aqua dest.
1	32,7	33,8	34,4
2	30,9	33,2	33,2
3	29,7	33,5	33,3
4	31,6	35,3	35,9
5	31,5	35,1	35,8
6	30,8	34,8	34,6

Diese Werte zeigen uns die vier Stunden nach der Bestrahlung gemessenen Temperaturen. Übereinstimmend mit den Ergebnissen bei Betrachtung der Ausgangslage sehen wir, daß die Werte mit zunehmendem Abstand vom Rücken abnehmen. Eine Überbestrahlung der Felder 2 und 5, wie wir sie auf Grund der prädestinierten Lage, genau senkrecht unter der Lichtquelle und meist auch etwas höher als die anderen gelegen angenommen hatten, läßt sich aus diesen Kontrollversuchen nicht ersehen.

c) Auswertung

aa) Statistische Auswertung

Hierzu haben wir die Meßdaten aus den Versuchen Nr. 4 - 12 herangezogen. Es handelt sich um Ergebnisse aus insgesamt 9 Versuchen mit jeweils einer Wiederholungsmessung ($n = 9 \times 2$).

Mit Hilfe der Korrelationsrechnung wurde untersucht, nach welchem Zeitraum der Zusammenhang mit den Ausgangswerten als Folge des Reagierens der Versuchspersonen auf die UV-Bestrahlung besonders gering war.

Hier ein Beispiel für die Berechnung der Korrelationskoeffizienten zwischen den Temperaturmeßwerten zu Beginn und nach verschiedenen Zeitabschnitten. Es zeigt sich, daß die Versuchspersonen nach der 4. Stunde besonders unterschiedlich reagierten.

Beispiel: (60 Sek. Bestrahlung, Bebadung mit Sole + Ca, $n = 9$)

Meßzeitpunkte:

Vor der Behandlung	1,0000	0,9951
	0,9951	1,0000
1 Std. danach	0,5967	0,6205
	0,6204	0,6415
2 " "	0,3446	0,3780
	0,3583	0,3963
3 " "	0,0929	0,1200
	0,1016	0,1324
4 " "	-0,1870	-0,2224
	-0,1596	-0,1990
5 " "	0,1338	0,1354
	0,1295	0,1288
24 " "	0,3048	0,2681
	0,3100	0,2726
48 " "	0,0008	-0,0219
	0,0450	0,0274

Aus dem Protokoll zur Berechnung der Varianzanteile für die verschiedenen Einwirkungsmöglichkeiten auf die Hauttemperatur bei dieser Untersuchung geht hervor, daß vergleichsweise in der Reihenfolge: Zeitverlauf (Komponente 4), interindividuelle Unterschiede (Komponente 1), Bestrahlungsdauer (Komponente 2), Wässerwirkung (Komponente 3), die Einflüsse abnehmen. Dennoch ist der Wässereinfluß deutlich vom Versuchsfehler (Komponente 5) zu unterscheiden.

Berechnungsprotokoll:

PROBLEM NO. 00

NUMBER OF VARIABLES 5
NUMBER OF REPLICATES 1

VARIABLE	NO. OF LEVELS
1	9
2	2
3	3
4	8
5	2

GRAND MEAN 314,95718

SOURCE OF VARIATION	DEGREES OF FREEDOM	SUMS OF SQUARES	MEAN SQUARES
1	8	126687,88426	15835,98553
2	1	10423,61227	10423,61227
3	2	6648,64120	3324,32060
4	7	253025,01736	36146,43105
5	1	401,52894	401,52894

Für die acht Meßzeitpunkte wurde dann eine Kovarianzanalyse ausgeführt, wobei die Meßwerte vor der Bestrahlung als unabhängige Einflußgrößen genommen wurden. In der folgenden Tabelle aus diesen Berechnungen sind die F-Werte für die Prüfung: Unterschiedliche Wirkung der Wässer ./.. Residuen (nicht erklärte Varianz) für die verschiedenen Meßzeitpunkte aufgetragen. Man erkennt, daß sich der Wässereinfluß am deutlichsten nach

2, 5, 4 und 48 Stunden bemerkbar macht.

<u>Meßzeitpunkte:</u>	<u>F-Werte:</u>	$\frac{s^2}{s^2}$ <u>Wässer</u> <u>Zufall</u>
1 Std. danach	0,4669	
2 " "	16,7426	
3 " "	1,3255	
4 " "	3,7949	
5 " "	7,5956	
24 " "	1,5058	
48 " "	3,7831	

ab) Graphische Auswertung (Abb.: 3 und 4 auf Seite 75 und 76)

Bei der Erstellung der Kurven wurden Meßdaten aus den 6 Hauptversuchen Nr. 4-9 verarbeitet. Jeder Kurvenpunkt entspricht dem arithmetischen Mittelwert aus 6 Versuchen mit jeweils einer Wiederholungsmessung; wobei in Abbildung 3 jeweils drei Felder mit gleicher Bestrahlungszeit zusammengefaßt sind. Somit resultiert bei diesen beiden Kurven jeder Punkt aus insgesamt $6 \times 2 \times 3$ Einzelwerten ($n = 36$).

Hier zeigt sich der große Einfluß der Bestrahlungsdauer. Die durchgezogene Linie entspricht den Werten der linken 3 Felder, welche mit 60 Sekunden bestrahlt wurden. Die gestrichelte Linie zeigt uns die Werte der übrigen drei, mit 120 Sekunden bestrahlten Felder. Wir sehen, daß zum Zeitpunkt der ersten Messung die Kurven bei annähernd gleicher Ausgangstemperatur beginnen. Bereits eine Stunde nach der Bestrahlung liegt die gestrichelt eingezeichnete Kurve über der durchgezogenen und bleibt bis zum Ende unserer Messungen darüber. Das Minimum eine Stunde nach Versuchsbeginn wird durch die Bebadung erklärt, welche kurz vor dieser Messung beendet wurde und mit ihrem kühlenden Effekt natürlich besonders in die Temperaturmessungen eingeht. Im Verlaufe der nächsten drei Stunden steigen die Temperaturwerte dann wieder an. Zuerst scheinbar schnell, was aber in Wirklichkeit fast ausschließlich ein Zurückkehren zu den normalen Ausgangswerten vor der Bebadung bedeutet. Bis zum Zeitpunkt der dritten Messung nach der Be-

strahlung zeigt sich nur ein geringer Temperaturanstieg. Zwischen dritter und vierter Messung kann man jedoch eine deutliche Zunahme beobachten. Bei der Messung, die wir vier Stunden nach der Bestrahlung durchführten, erkennt man ein Temperaturmaximum. Das Minimum bei der letzten Messung am ersten Tage resultiert wiederum aus der Bebadung. Auch nach 24 und 48 Stunden lagen die Hauttemperaturen bei den drei mit 120 Sekunden bestrahlten Felder noch über den Ausgangswerten, zeigten aber einen Trend zur weiteren Abnahme. Die Mittelwerte aus den mit 60 Sekunden bestrahlten Feldern sinken im Gegensatz dazu nach der halbstündigen Zwischenbebadung unter das Ausgangsniveau ab, erreichen es bei der Messung nach 24 Stunden und zeigen abschließend betrachtet eine Tendenz zu weiterem Anstieg.

In Abbildung 4 sind die Temperaturmittelwerte der sechs Hauptversuche, getrennt nach Feldernummern, das heißt Badeflüssigkeiten, aufgetragen. Wir haben hierzu nur die drei mit 120 Sekunden bestrahlten Felder herangezogen ($n = 6 \times 2$). Die durchgehende Linie stellt die mit destilliertem Wasser bebadeten, die gestrichelte die mit Sole bebadeten, und die dritte die mit Sole und Kalziumzusatz behandelten Felder dar. Betrachten wir die Werte zum Zeitpunkt der ersten Messung, so fällt uns wie bereits oben in Zusammenhang mit Tabelle 1 erwähnt, eine Abnahme der Gesäßhauttemperatur vom Rücken in Richtung der Beine zu auf. Während beim Minimum im Anschluß an die erste Bebadung die Werte für Sole und aqua dest. nahezu identisch sind, liegen sie für Sole mit Kalziumzusatz, dem Feld mit der niedersten Ausgangstemperatur, um ca. 1 Grad Celsius darunter. In der anschließenden einstündigen Temperaturregenerationsphase verlaufen die drei Kurven fast parallel. Während nun die Temperaturen auf den mit Sole sowie mit Sole und Kalziumzusatz bebadeten Felder weiter ansteigen, fällt die dritte Linie, die beiden anderen durchkreuzend, leicht ab und bewegt sich von nun ab bis zur Messung nach 24 Stunden, trotz höchsten Ausgangswerten unter den beiden anderen. Zwischen der dritten und vierten Messung nach der Bestrahlung steigen alle drei Kurven, wenn auch verschieden stark, weiter an. Das Maximum,

vier Stunden nach der Bestrahlung, zeigt einen höchsten Temperaturmittelwert für die mit Sole bebadeten Felder, gefolgt von Sole mit Kalziumzusatz und destilliertem Wasser. Zum Zeitpunkt nach der zweiten Bebadung verhalten sich die beiden ersten Felder identisch, während das mit aqua dest. bebadete einen niedrigeren Mittelwert zeigt. Zwischen dieser und der Messung nach 24 Stunden verläuft die Solekurve mit der aqua dest.-Kurve parallel. Die Werte der mit Sole und Kalziumzusatz bebadeten Felder gleichen sich der Wasserkurve an und unterschreiten diese bei der letzten Messung, während die Mittelwerte der mit Sole bebadeten Felder leicht darüberliegen. Alle drei Punkte der letzten Messung liegen über den Ausgangstemperaturwerten.

Da die statistische Auswertung keine eindeutig signifikanten Unterschiede zwischen den Mittelwerten der mit den drei verschiedenen Flüssigkeiten bebadeten Felder ergab, was wohl hauptsächlich an der relativ geringen Zahl der zur Auswertung gekommenen Versuche lag, sind wir gezwungen, uns mit der Beschreibung von Tendenzen zu begnügen.

Bei der Betrachtung der Ergebnisse aus der Temperaturmessung zeigt sich eine gewisse Tendenz, daß die Sole im Vergleich zu Wasser die angegriffene Haut stärker reizt. Ein Zusatz von Kalzium zur Sole, scheint diese Reizwirkung zu mindern.

3. Ergebnisse aus den Remissionsmessungen

Die Weißremission, d.h. die ohne Filter gemessene Remission, verhält sich analog zur Grünremission, zeigt aber keine so deutlich ausgeprägten Ergebnisse. Deshalb möchten wir im weiteren Verlauf ausschließlich die Grünremissionswerte betrachten.

a) Ausgangslage

Es fällt uns auf, daß die Ausgangswerte, d.h. die Werte bei der ersten Messung der Grünremission, bei der Betrachtung al-

ler 15 Versuchspersonen großen Schwankungen unterliegen. Wir hatten es demzufolge mit sehr unterschiedlichen Helligkeitsgraden der einzelnen Hautfelder zu tun. Von großer Bedeutung für unsere Versuche ist es jedoch, daß die Durchschnittswerte auf allen sechs Feldern nahezu gleich sind. Beides möge folgende Übersicht verdeutlichen:

Feld Nr.	Bereich der Grünremissionswerte (in %)	Durchschnittswerte der Grünremission (in %)
1 cranial	62,5 - 77,0	69,7
2 Mitte	61,0 - 76,0	69,9
3 caudal	62,5 - 76,0	69,5
4 cranial	63,0 - 77,0	69,7
5 Mitte	61,5 - 77,0	70,3
6 caudal	61,5 - 76,5	69,7

b) Zuverlässigkeit

Aus den Kontrollversuchen, die sich mit dem Einfluß der Lokalisation der Felder auf die Versuchsergebnisse befaßten, und bei denen alle Felder einer Versuchsperson jeweils mit gleicher Flüssigkeit bebadet wurden, resultiert folgende Tabelle, welche uns die vier Stunden nach der Bestrahlung gemessenen Grünremissionswerte zeigt:

Feld Nr.	Versuchsperson Nr. 13 Sole	Versuchsperson Nr. 14 Sole u. Ca	Versuchsperson Nr. 15 aqua dest.
1	63,0	64,0	55,5
2	67,0	65,5	57,5
3	68,0	65,5	59,5
4	60,0	54,0	49,0
5	59,5	55,0	47,0
6	64,0	56,0	49,0

Die dem Rücken am nächsten liegenden Felder, Nr. 1 und 4, erscheinen vergleichsweise zu niedrig, die Felder Nr. 3 und 6 vereinzelt zu hoch. Da in unseren ausgewerteten sechs Hauptversuchen die beiden oberen Felder jeweils mit destilliertem Wasser, die nächsten mit Sole und die untersten mit Sole und Kalziumzusatz bebadet wurden, würde dies bedeuten, daß der Unterschied bei den unten noch zu besprechenden Kurven zwischen Solewerten und Wasserwerten, noch größer wäre als auf Abb. 6 Seite 78 ersichtlich. Analog dazu würde sich der Unterschied zwischen der Solekurve und der Kurve, die die Mittelwerte aus der Bebadung mit Sole und Kalziumzusatz zeigt, in einzelnen Fällen verkleinern.

c) Auswertung

aa) Statistische Auswertung

Auch hier wurden die Meßdaten aus den Versuchen Nr. 4 - 12 herangezogen. Es handelt sich also um Ergebnisse aus insgesamt 9 Versuchen mit jeweils einer Wiederholungsmessung ($n = 9 \times 2$).

Die statistische Auswertung erfolgte analog mit Hilfe der Korrelationsrechnung, der Varianz- und der Kovarianzanalyse.

Das Beispiel für die Berechnung der Korrelationskoeffizienten zwischen den Grünremissionswerten zu Beginn und nach verschiedenen Zeitabschnitten zeigt auch hier, daß die Versuchspersonen nach der 4. Stunde besonders unterschiedlich reagierten.

Beispiel: (60 Sek. Bestrahlung, Bebadung mit Sole + Ca, n = 9)

Meßzeitpunkte:

Vor der Behandlung	1,0000	0,9817
	0,9817	1,0000
1 Std. danach	0,8880	0,9067
	0,8764	0,8918
2 " "	0,9145	0,9366
	0,9145	0,9319
3 " "	0,8403	0,8535
	0,8820	0,9007
4 " "	0,7690	0,8000
	0,7678	0,8084
5 " "	0,9169	0,9454
	0,9090	0,9421
24 " "	0,8448	0,8383
	0,8347	0,8206
48 " "	0,8992	0,9308
	0,9133	0,9400

Aus dem Berechnungsprotokoll der Varianzanteile für die verschiedenen Einwirkungsmöglichkeiten auf die Grünremission geht hervor, daß in der Reihenfolge: Interindividuelle Unterschiede (Komponente 1), Bestrahlungsdauer (Komponente 2), Zeitverlauf (Komponente 4), Wasserwirkung (Komponente 3), die Einflüsse abnehmen.

Der Wassereinfluß ist dennoch deutlich vom Versuchsfehler (Komponente 5) zu unterscheiden.

Berechnungsprotokoll:

PROBLEM NO. 00

NUMBER OF VARIABLES 5
NUMBER OF REPLICATES 1

VARIABLE	NO. OF LEVELS
1	9
2	2
3	3
4	8
5	2

GRAND MEAN 66,28472

SOURCE OF VARIATION	DEGREES OF FREEDOM	SUMS OF SQUARES	MEAN SQUARES
1	8	21651,81250	2706,47656
2	1	1606,11574	1606,11574
3	2	37,92361	18,96181
4	7	8679,68056	1239,95437
5	1	0,07407	0,07407

Für die acht Meßzeitpunkte wurde dann eine Kovarianzanalyse durchgeführt, wobei wir die Meßwerte vor der Bestrahlung als unabhängige Einflußgrößen genommen hatten.

Die folgende Tabelle aus diesen Berechnungen zeigt die F-Werte für die Prüfung: Unterschiedliche Wässerwirkung ./.. Residuen (nicht erklärte Varianz) für die verschiedenen Meßzeitpunkte. Man kann erkennen, daß sich der Wässereinfluß nach 3, 24, 4 und 48 Stunden am deutlichsten bemerkbar macht.

Meßzeitpunkte:	F-Werte:
1 Std. danach	3,2030
2 " "	14,3844
3 " "	74,6039
4 " "	47,5102
5 " "	33,6851
24 " "	50,0892
48 " "	28,3566

ab) Graphische Auswertung (Abb.: 5 und 6 auf Seite 77 und 78)

Zur Erstellung der Kurven wurden Meßdaten aus den 6 Hauptversuchen Nr. 4 - 9 herangezogen. Jeder Kurvenpunkt entspricht dem arithmetischen Mittelwert der Daten aus diesen 6 Versuchen mit jeweils einer Wiederholungsmessung, wobei in Abbildung 5 jeweils drei Felder mit gleicher Bestrahlungszeit zusammengefaßt wurden. Somit resultiert hier also jeder Kurvenpunkt aus insgesamt $6 \times 2 \times 3$ Einzelwerten ($n = 36$).

Es zeigt sich der große Einfluß der Bestrahlungszeit. Die durchgezogene Linie entspricht den Werten der mit 60 Sekunden bestrahlten drei Felder, die gestrichelte den mit 120 Sekunden bestrahlten. Zum Zeitpunkt der Ausgangsmessung, sowie nach einstündiger Bebadung, verhalten sich die beiden Mittelwerte noch analog. Zwei Stunden nach der Bestrahlung zeigt sich jedoch bereits ein stärkerer Anstieg der gestrichelten Kurve. Ein Ansteigen der Linien bedeutet in diesem Fall eine Abnahme der Grünremission, d.h. eine Erythemzunahme. Um ein vergleichbares Bild mit den Temperaturkurven zu bekommen, haben wir bei den Grünremissionsordinaten die Werte nach oben zu abnehmend aufgetragen.

Zwischen zweiter und dritter Messung nach der Bestrahlung, verlaufen die Kurven nahezu parallel zueinander. Zum Zeitpunkt der folgenden Messung sehen wir einen deutlichen Unterschied zwischen den beiden Mittelwerten. Der kühlende Effekt der halbstündigen Bebadung bringt einen Rückgang der Erytheme mit sich, was bei der letzten Messung am ersten Tag deutlich wird. Dieser Rückgang ist bei der gestrichelten Kurve am stärksten ausgeprägt. Nach nahezu parallel ansteigendem Verlauf, erreichen die beiden Kurven nach 24 Stunden ein erneutes Maximum. Nach 48 Stunden zeigt sich bereits wieder eine Tendenz zur Normalisierung. Beide Kurven steigen parallel, aber mit Abstand zueinander ab, sie befinden sich aber noch deutlich über ihren Ausgangswerten.

Abbildung 6 zeigt die Grünremissionsmittelwerte der sechs Hauptversuche, getrennt nach Badeflüssigkeiten. Es kamen nur

die drei mit 120 Sekunden bestrahlten Felder zur Auswertung, da sie einen besonders deutlich ausgeprägten Kurvenverlauf zeigen ($n = 6 \times 2$). Die Durchzeichnung, Strichelung und Punkt-Strich-Markierung, entsprechen der aqua dest., Sole und Sole mit Kalzium Bebadung. Zum Zeitpunkt der Ausgangsmessung liegt der Mittelwert, der später mit Sole und Kalziumzusatz bebadeten Felder, über den beiden anderen Kurvenausgangswerten. Nach der einstündigen Bebadung vereinigen sich die drei Kurven nahezu in einem Punkt. Nun beginnt ein leichter Anstieg der Kurven, wobei sich die gestrichelte, im Vergleich zu den beiden anderen synchron verlaufenden, schneller nach oben bewegt. Zwischen der zweiten und vierten Messung nach der Bestrahlung steigen alle drei Linien steil an. Die Solekurve erreicht zum Zeitpunkt der vierten Messung nach der Bestrahlung ihr absolutes Maximum. Die Sole und Kalzium-Linie verläuft etwas darunter und die Werte für destilliertes Wasser liegen noch tiefer. Bei der letzten Messung am ersten Tag, tritt wiederum bei allen drei Kurven, ein durch die Abkühlung infolge der halbstündigen Bebadung bedingter Knick nach unten auf. Bis zur nächsten Messung nach 24 Stunden, wo die Strich-Punkt-Linie und die durchgezogene ihre absolute Maxima erreichen, steigen die drei Kurven annähernd parallel an. Die Sole-Linie verläuft fast identisch mit der Sole-Kalzium-Linie und weiter unten die Wasser-Linie. Zum Zeitpunkt der Messung nach 48 Stunden zeigt sich dann schon wieder ein Trend auf eine Normalisierung zu. Die Mittelwerte der Grünremission liegen aber noch deutlich über den Ausgangswerten, was bedeutet, daß durchschnittlich nach 48 Stunden die Erytheme noch gut sichtbar waren.

Hier kann man noch deutlicher als bei der Temperaturwertbetrachtung die Tendenz sehen, daß Sole, sowie Sole mit Kalziumzusatz im Vergleich zu destilliertem Wasser die von uns mittels UV-Bestrahlung geschädigte Haut stärker reizen. Der Zusatz von Kalzium zur Sole, scheint diese Reizwirkung etwas herabzusetzen.

4. Vergleich der Ergebnisse der beiden Meßmethoden

Die Temperaturmessungen waren sehr einfach und schnell durchzuführen. Schon zwei Stunden nach der Bestrahlung waren die Temperaturwerte deutlich erhöht und erreichten nach insgesamt vier Stunden ihr Maximum. Auch waren diese Messungen gut reproduzierbar und von genügender Meßgenauigkeit. Die Kurve aus den Mittelwerten der mit 60 Sekunden bestrahlten Felder verlief in ihren geraden Abschnitten nahezu parallel unterhalb der mit 120 Sekunden bestrahlten und zeigte erst bei der letzten Messung am ersten Tage einen größeren Abstand. Erinnern wir uns an Abbildung 2, so fallen uns, bedingt durch die Abnahme der Gesäßhauttemperatur in Richtung der Beine zu, sehr unterschiedliche Kurvenausgangswerte auf. Nach der Bebadung, also bei der ersten Messung nach der Bestrahlung, zeigt sich immer noch, bedingt durch die verschiedene Ausgangslage, ein uneinheitliches Bild. Der Verlauf der drei Temperaturkurven läßt zwar gewisse Tendenzen erkennen, aber nicht so deutlich, wie bei den Kurven aus den Grünremissionswerten.

In Apparate- und Meßzeitaufwand anspruchsvoller als die Temperaturmessung, liefert die Grünremissionsbestimmung bessere, d.h. genauere Aussagen über den Erythemverlauf auf unseren Meßfeldern. Beim Vergleich von Abbildung 3 mit Abbildung 1 sehen wir bei den Grünremissionsmittelwerten der mit 120 Sekunden bestrahlten Felder, ein deutlicher ausgeprägtes Maximum. Ab der dritten Messung nach der Bestrahlung, verlaufen hier die Kurven auch in größerem Abstand voneinander. Vergleichen wir die Abbildungen 2 und 4, so fällt uns zunächst bei Betrachtung der Ausgangslage ein näheres Zusammenliegen der drei Remissionskurven auf, als dies bei den Temperaturwerten der Fall ist. Nach der einstündigen Bebadung verhalten sich erstere sogar fast völlig analog und bilden somit einen zuverlässigeren Ausgangspunkt für den weiteren Verlauf der Kurven, als bei den von Anfang an verschiedenen Temperaturwerten. Im weiteren Verlauf von Abbildung 4 läßt sich dann eine relativ deutliche Tendenz ablesen. Die beiden Sole-Linien (einmal mit Kalziumzusatz)

verhalten sich sehr ähnlich, während die Wasser-Linie weiter unten verläuft. Berücksichtigt man hier die Ergebnisse aus den Kontrollversuchen, so wäre dieser Abstand zwischen der Sole- und der Wasser-Kurve noch deutlicher ausgeprägt. Bei vergleichender Betrachtung der Kurvenverläufe von Abbildung 4 und 6 scheint somit die Methode der Hautfarbenmessung einen besseren Einblick in die verschiedenen Wasserwirkungen zu gewähren.

5. Ergebnisse aus den pH-Messungen

a) Ausgangslage

Zum Zeitpunkt der ersten Messung fanden wir bei den 15 Probanden sehr unterschiedliche pH-Werte. Wir errechneten den Mittelwert über alle sechs Felder zum Zeitpunkt dieser Messung für jede der 15 Versuche getrennt und kamen auf Werte zwischen 4,6 und 6,8. Abbildung 7 zeigt die Verteilung der einzelnen pH-Werte zum Zeitpunkt der Ausgangsmessung. Ein deutliches Maximum liegt zwischen pH 5,0 und pH 6,5. Nur zwei Werte liegen unterhalb und einer oberhalb dieser Eingrenzung, so daß wir feststellen können, daß sich der überwiegende Anteil unserer gemessenen Ausgangs-pH-Werte innerhalb dieser beiden Grenzwerte bewegt. Die Schwankungen der Haut-pH-Werte aller 15 Versuchspersonen über die sechs Felder, sowie ihre Durchschnittswerte zeigt folgende Übersicht:

Feld Nr.	Schwankungen der Haut-pH-Werte	Durchschnittswerte der Haut-pH-Messungen
1 cranial	4,5 - 6,8	5,66
2 Mitte	4,4 - 6,7	5,68
3 caudal	4,5 - 6,6	5,69
4 cranial	4,3 - 6,8	5,60
5 Mitte	4,6 - 6,9	5,65
6 caudal	4,5 - 6,7	5,73

Große Schwankungen, entsprechend den gemessenen Minimal- und

Maximalwerten der 15 Versuchspersonen, sowie annähernd gleiche Mittelwerte auf allen sechs Feldern, sind hieraus ersichtlich.

b) Zuverlässigkeit

Eine Überprüfung der Zuverlässigkeit im Rahmen der drei Kontrollversuche Nr. 13 mit 15 wurde nicht durchgeführt.

c) Auswertung

aa) Statistische Auswertung

Bei der statistischen Überprüfung mit dem t-Test (5%), ergab sich für die Sole- im Vergleich zur Wasserkurve zum Zeitpunkt der Messung nach 4 Stunden ein signifikanter ($t = 2,91$) Unterschied.

bb) Graphische Auswertung

Hier haben wir die Versuche Nr. 1 mit 6 herangezogen ($n = 6 \times 2$). Die Bebadung erfolgte immer nach dem selben Schema, also jeweils nach der Ausgangsmessung beginnend, 60 Minuten lang.

Dächte man sich in einer Abbildung alle sechs, jeweils einem Meßfeld entsprechenden Kurven eingezeichnet, was wir wegen der daraus resultierenden Unübersichtlichkeit unterlassen haben, so würden die Werte der mit doppelter Bestrahlungszeit behandelten drei Felder jeweils etwas oberhalb den anderen liegen, die jeweils zwei sich entsprechenden Kurven jedoch nahezu parallel zueinander verlaufen. Nur bei den Sole-Kalzium-Werten ergäbe sich im ersten Verlaufsdrittel ein geringfügig größerer Abstand. Da sich, bedingt durch die große Streuung der Einzelwerte, die pH-Kurven der linken oder der rechten Gesäßseite nicht signifikant voneinander unterscheiden, haben wir unter Vernachlässigung der verschiedenen Bestrahlungszeiten in Abbildung 8 die Haut-pH-Mittelwerte der drei sich jeweils in Bezug auf Badeflüssigkeiten entsprechenden 2 Felder der sechs Versuchspersonen aufgezeichnet. Wie in den vorhergehenden Ab-

bildungen, die Temperatur beziehungsweise Grünremission betreffend, entspricht auch hier die durchgezogene, die gestrichelte und die Strich-Punkt-Linie einer Bebadung mit destilliertem Wasser, Sole und Sole mit Kalziumzusatz. Beginnend zwischen pH 5 und 5,8 bei der Ausgangsmessung, weichen die drei Kurven gleich nach der Bebadung auseinander. Während die Sole-Linie bis über pH 6 nach oben ansteigt, fallen Wasser- und Sole-Kalzium-Kurve ab, letztere bis ca. pH 5. Dies waren zugleich die extremsten Abweichungen vom Ausgangswert für die gestrichelte und die Strich-Punkt-Linie. Die Mittelwerte aus den Messungen der mit destilliertem Wasser bebadeten Felder zeigen ein längeres Minimum, welches bis ca. zur dritten Messung nach der Bebadung anhält. Während die beiden Kurven der Wasser- sowie Sole-Kalzium-Bebadung langsam ihren Werten zum Zeitpunkt der ersten Messung entgegenstreben und diese nach ca. 15 bis 24 Stunden erreichen, ist die Sole-Kurve bereits drei Stunden nach der Bebadung wieder in ihrem Ausgangsbereich zurück. Kurz vor der Messung nach 24 Stunden trifft sie sich mit der Sole-Kalzium-Linie, um dann bis zur letzten Messung annähernd analog mit ihr zu verlaufen. Die durchgezogene Kurve der Wasserwerte erreicht nach 24 Stunden ihren Ausgangswert und bewegt sich weiterhin unterhalb der beiden anderen.

6. Allgemeine Ergebnisse

Hier seien noch folgende interessante Beobachtungen erwähnt. Wie beschrieben, befanden sich unter den Versuchspersonen solche, die angaben, sie seien sehr sonnenempfindlich. Da dann jedoch bei einigen von ihnen nur sehr schwache Erytheme auftraten, stellte sich heraus, daß man auf diese Anamnese in unserem Fall nicht sehr großen Wert legen darf. Rückblickend fällt auf, daß die am besten ausgeprägten Erytheme bei Personen mit normal heller Hautfarbe, aber blondem Haar, auftraten. Besonders helle Hautfarbe ist offenbar noch kein Kriterium für verstärkte Empfindlichkeit gegenüber ultraviolettem Licht. Bei diesen blonden, normal hellen Versuchspersonen, zeigte sich außerdem ein deutlicher Unterschied zwischen den Rötungen auf

der linken und rechten Seite. Die Bestrahlungszeit war hier also von besonders großem Einfluß. Die Erytheme waren auf allen sechs Feldern nach 48 Stunden bei jeder dieser drei Versuchspersonen (Nr. 1, 12 und 15) noch deutlich ausgeprägt. Über Berührungsempfindlichkeit berichtete aber nur Probandin Nr. 12. Die beiden anderen klagten über keinerlei subjektive Beschwerden.

Die Versuchspersonen Nr. 4, 7, 12 und 14, die über eine Empfindlichkeit der bestrahlten Felder berichteten, vermochten nicht zwischen den Feldern auf einer Seite zu differenzieren und somit war es dann immer die ganze rechte Seite, die ja mit doppelter Zeit bestrahlt wurde.

VI. DISKUSSION

1. Methodenkritik

Unter unseren Versuchspersonen reagierten einige sehr empfindlich auf UV-Strahlen, während andere, bei gleicher Bestrahlungszeit sehr schwach ausgebildete Erytheme zeigten. Um diese verschiedene Intensität der Reizung zu vermeiden, gibt es zwei Möglichkeiten. Entweder man greift auf ein homogeneres Probandengut zurück als es uns möglich war, oder man ermittelt zu Beginn der Versuche die subjektive Erythemschwellendosis der einzelnen Personen. Dies kann durch Setzen von sogenannten Bestrahlungstrepfen geschehen, wie beispielsweise von Tronnier (32) oder Kihn (29) angegeben. Man kann dann die Probanden wahlweise mit der ein- oder mehrfachen Erythemschwellendosis bestrahlen und erhält bei allen von ihnen ähnlich stark ausgebildete Rötungen. Dies erfordert natürlich einen erhöhten Zeit- und, falls die Versuchspersonen entlohnt werden, auch Geldaufwand. Unsere Methode, so könnte man entgegenhalten, hat den Vorteil, daß sie mehr der Realität gerecht wird und deshalb, vom Probandengut her betrachtet, repräsentativer ist. Sie mußte jedoch dafür, im Vergleich zu Arbeiten mit standardisiertem Probandengut, weit mehr Personen erfassen.

Auch bei der Auswahl der Körperstelle, hätte es andere, vielleicht bessere Möglichkeiten gegeben. Tronnier (32, 43) wählte für seine Versuche über die Hornschichtbedeutung und Hautfarbenbestimmung Rücken und Oberschenkel, Kihn (29) untersuchte die Sauerstoffaufnahme der Haut nach Bestrahlung der Außenseiten von Oberarmen und Oberschenkeln ihrer Probanden. Auch Ippen (52) testete seine Erythemschutzmittel am Rücken der Versuchspersonen. Wie bereits oben beschrieben, war einer der Hauptgründe für die Wahl des Gesäßes als Bestrahlungsort unsere Rücksichtnahme den Probanden gegenüber. Dem Vorteil dieser Wahl, wie besondere UV-Empfindlichkeit und Schutz vor unerwünschter Zwischenbestrahlung durch die Sonne, standen verschiedene Nachteile gegenüber. Die gewölbte Fläche beispielsweise erschwert die pH-Messung und macht trotz der unauffälligen Er-

gebnisse aus unseren drei Kontrollversuchen, eine völlig gleichmäßige Bestrahlung aller sechs Felder zum Problem. Man könnte letzteres durch größeren Lampenabstand, sowie durch die Verwendung mehrerer UV-Lichtquellen auszugleichen versuchen. Auch die Druckbelastung durch Sitzen dürfte einen Einfluß auf die Ergebnisse der beiden Nachmessungen haben. Ferner hätte man vielleicht am Rücken keine so starken Unterschiede im Durchschnitt der Ausgangstemperaturwerte bekommen, wie dies bei der Gesäßhaut der Fall war und somit einen homogenen Beginn der drei Temperaturkurven in Abbildung 2 erhalten.

Die Unsicherheit, ob bei den von uns durchgeführten Versuchen die Lokalisation der Felder einen Einfluß auf die Ergebnisse hat, versuchten wir durch Kontrollversuche zu klären. Es wäre zweifelsohne besser gewesen, von Anfang an nach einem gewissen Schema von Versuch zu Versuch einen Wechsel der Flüssigkeiten auf den sechs Feldern vorzunehmen, nicht zuletzt stünden uns dann die Kontrollversuche als vollauswertbare Hauptversuche zur Verfügung. Tronnier (43) beschreibt ein diesbezügliches Schema für die Verteilung von Test-, Kontroll- und Vergleichsfelder am Oberschenkel. In unserem Falle wären wir, rückblickend betrachtet, mit einer ganz einfachen Vertauschung je zwei gleicher Badewässer ausgekommen. Diese Anordnung hätte sich nach jeweils sechs Versuchen wiederholt. Setzt man beispielsweise destilliertes Wasser = 1, Sole = 2 und Sole mit Kalzium = 3, so ergäbe sich folgende einleuchtende Anordnung:

1 1	1 1	2 2	3 3	3 3	2 2
2 2	3 3	1 1	1 1	2 2	3 3
3 3	2 2	3 3	2 2	1 1	1 1

Zu jedem Meßzeitpunkt wurden die Untersuchungen in der Reihenfolge der Ermittlung der Temperatur-, Remissions- und pH-Werte durchgeführt. Beim Meßzeitpunkt, im Anschluß an die Bebadung, wurde die Hauttemperatur mit dem Thermokreuz auf der gerade trockengetupften Stelle ermittelt. Hierbei war natürlich die

Verdunstungskälte von erheblichem Einfluß auf die Meßergebnisse. Andernteils mußte die Reihenfolge im Meßablauf beibehalten werden. Hätten wir nach der pH-Wertbestimmung, die ja ein Anfeuchten des betreffenden Feldes mit aqua dest. erfordert, die Temperatur ermittelt, so wäre hierdurch dieser kühlende Effekt in alle Temperaturwertbestimmungen eingegangen.

So einfach und schnell die Temperaturermittlung möglich war, so problematisch gestaltete sich der Verlauf der Remissions- und der pH-Messung. Die Schwierigkeit der Hauthelligkeitsbestimmung bestand zunächst darin, daß das Gerät mit einem gewissen Druck auf der Haut anliegen mußte. Dieser ist entscheidend von der mehr oder weniger ruhigen Hand des Versuchsdurchführenden abhängig. Er darf nicht so groß sein, daß er das Blut aus den Hautkapillaren drückt, muß jedoch groß genug sein, um ein gleichmäßiges Aufliegen des Glasfensters auf der Haut zu gewährleisten. Das Gerät auf ein entsprechendes Stativ zu montieren und die Hautauflagefläche derart zu gestalten bzw. zu lagern, daß sie, am unteren Ende eines Rohres liegend, nach dem Teleskopprinzip einem zu heftigen Druck auf die Haut nach oben zu ein wenig ausweichen kann, wäre ein Verbesserungsvorschlag. Daß das Meßgerät dadurch unhandlicher wird und außerdem wahrscheinlich die Optik der veränderbaren Länge angepaßt werden müßte, ist natürlich zu bedenken. Da sich der Ausschlag auf dem Galvanometer bei längerer Meßdauer manchmal ganz leicht und kontinuierlich in Richtung auf höhere Remissionswerte zubewegte, waren zahlreiche Zwischeneichungen nötig, was vereinzelt den Meßablauf erheblich verzögerte. Auch dieser bei meinen Versuchen nur selten aufgetretenen, gerätebedingten Zeigerwanderung, wie sie vor allem meinem Vorgänger hier an unserem Institut auffielen und der sie sicher auch noch näher erwähnen wird, sollte nachgegangen werden und der Eichvorgang durch eine Vorrichtung, wie beispielsweise einem kleinen, oben offenen Kästchen mit am Boden fixierter Teflonplatte standardisiert werden.

Auch die pH-Wertbestimmungen erwiesen sich im Vergleich zur Temperaturmessung als ziemlich zeitraubend und waren bei man-

chen Versuchspersonen teilweise nur bedingt reproduzierbar. Während des Meßvorgangs muß die Glaselektrode mit absolut gleichmäßigem Druck inmitten eines Tropfens destillierten Wassers auf die Hautstelle gehalten werden. Schon geringste Druckschwankungen riefen bei unseren Versuchen manchmal erhebliche Ausschlagsänderungen hervor. Wie schon betont, erforderte besonders bei den gewölbten Gesäßoberflächen das Aufbringen des Wassertropfens großes Geschick. Bei einigen Messungen benötigte es eine ziemlich lange Wartezeit, bis sich der Zeiger der pH-Skala auf einen bestimmten Wert eingependelt hatte. Auch zeigte sich hier manchmal, trotz gleichmäßigem Druck, eine fast endlose Wanderung des Zeigers auf eine Skalenseite zu. Auch hier wäre eine Verbesserung der Meßmethode angezeigt. Entweder eine Art Stativ, oder ganz einfach nur ein ca. 1 cm starker Kunststofferring auf der Höhe der Hautauflagefläche und um diese herumgeführt, könnte es dem Versuchsdurchführenden erleichtern, die Glaselektrode mit gleichmäßigem Druck für eine längere Zeit auf die Meßstelle zu halten.

2. Besprechung der Ergebnisse unter Berücksichtigung der Literatur

a) Temperaturmessung

Nach Stüttgen (37) stellt die Hauttemperatur keine Konstante dar, sondern wechselt selbst bei gleichbleibender Temperatur des umgebenden Raumes von Region zu Region und individuell von Mensch zu Mensch. Ferner unterliegt sie zeitlich einer ständigen, mehr oder weniger ausgiebigen Veränderung spontaner, reaktiver und passiver Art.

Betrachten wir unter Berücksichtigung dieser Worte die Temperaturentgangswerte unserer Versuchspersonen, so verstehen wir die hier auftretenden Schwankungen trotz unseres Aufenthalts in einem vollklimatisierten Meßraum. Will man jedoch, wie bei unseren Versuchen, auch von ein und derselben Person über einen längeren Zeitraum vergleichbare Temperaturwerte messen, so ist

es sehr wohl von großer Bedeutung, daß Raumtemperatur und -feuchtigkeit konstant gehalten werden können. Im Gegensatz zur Kerntemperatur stellt sich nämlich die Hauttemperatur in viel empfindlicherem Maße auf die Umgebung ein.

Ein Diagramm von Neuroth (53) zeigt die Kern- und Hauttemperaturen des nackten Körpers bei verschiedenen Raumtemperaturen nach zweieinhalbstündigem Liegen. Bei einer Raumtemperatur von 20 Grad Celsius, wie sie auch bei unseren Versuchen vorherrschte, ergeben sich hier für die Fußhauttemperatur ca. 18,5, für die mittlere Hauttemperatur ca. 30, für die Stirnhauttemperatur ca. 33, und für die axilar gemessene Kerntemperatur ca. 36 Grad Celsius.

Vergleichen wir die mittlere Ausgangsgesäßhauttemperatur unserer 15 Probanden, die sich im Bereich zwischen 31 und 32 Grad Celsius bewegte, mit dem Wert für die mittlere Hauttemperatur aus obigem Diagramm, so sehen wir, daß die Gesäßhauttemperatur einen etwas höheren Wert aufweist. Dies läßt sich mit der Abnahme der Hauttemperatur in Richtung der Extremitäten erklären. Somit muß der mittlere Wert der Hauttemperatur, der sich aus über die ganze Körperoberfläche verteilten Einzelmessungen zusammensetzt, unter den Werten an der relativ zentral gelegenen Gesäßhaut liegen. Die Abnahme der Meßwerte nach unten, also in Richtung der Beine zu, erklärt sich aus dem bekannten und bereits oben erwähnten Phänomen der Hauttemperaturabnahme den Extremitäten zu. Auch die Homogenität zwischen linker und rechter Körperhälfte, zumindest an den von uns gemessenen Stellen ist bekannt und nichts Außergewöhnliches, wogegen nach Gottron und Schönfeld (42) Assymmetrien von ca. 1,7 Grad Celsius an den Zehen auftreten können, was durchaus normal sei.

Zwei in etwa mit unserer Abbildung 3 vergleichbare Temperaturkurven finden sich in einer Arbeit von Kihn (29). Es sind dort die Abbildungen 4 und 5. Sie zeigen außerdem noch jeweils die Sauerstoff-Aufnahmegeschwindigkeit, sowie Anfang und Ende des aufgetretenen Erythems. Angemerkt sei hier noch, daß es sich bei dieser Arbeit allerdings um Mittelwerte von Hautbezirken

an der Außenseite des Oberarmes bzw. Oberschenkels handelt. Abbildung 4 in dieser Veröffentlichung zeigt die Ergebnisse nach etwas stärkerer UV-Einwirkung, als es der Erythemschwellendosis entspricht. Bei Abbildung 5 wurde noch intensiver bestrahlt. Vergleichbare Werte mit unseren Temperaturmeßergebnissen dürften in etwa zwischen diesen beiden Kurven liegen.

Ein sofort nach der Bestrahlung einsetzender Anstieg der Hauttemperatur wird bei unseren Versuchen durch die Bebadung unterdrückt. Auch der eine Stunde nach der Bestrahlung gemessene Wert liegt bei uns in Folge der kühlenden Wasserwirkung noch viel zu tief. Erst nach zwei bis vier Stunden verzeichnen unsere Kurven einen deutlichen Temperaturanstieg. Vergleichen wir den weiteren Verlauf mit den von Kihn angegebenen Werten, so zeigt sich, daß bei uns das Temperaturmaximum durch die halbstündige Bebadung vor der fünften Messung etwas zu früh auftritt. Eine diesbezügliche Betrachtung dreier, von unserem Versuch Nr. 6 aufgezeichneten Kurven, die in Abbildung 9 wiedergegeben sind und bei denen die halbstündige Bebadung noch nicht durchgeführt wurde, zeigt uns dies deutlich. Da die nächste Messung erst wieder nach 24 Stunden erfolgte, kann das Maximum, wie von Kihn angegeben, auch durchaus noch später, etwa zwischen sechs und zehn Stunden nach der Bebadung liegen. Der Verlauf unserer beiden Kurven aus Abbildung 1 erscheint also nur durch die beiden Bebadungen etwas atypisch und ist ansonsten mit den von Kihn gefundenen durchaus vergleichbar.

In Abbildung 2 zeigen die drei aufgezeichneten Kurven die Temperaturmittelwerte aus den jeweils mit verschiedenen Flüssigkeiten bebadeten und mit 120 Sekunden bestrahlten Feldern der sechs Hauptversuche. Wegen der relativ kleinen Anzahl der zur Auswertung gekommenen Versuche und der großen Streuung der Ausgangswerte wäre es alleine auf Grund der Ergebnisse aus den Temperaturmessungen sehr gewagt, von einer verschiedenen Bäderwirkung zu sprechen. Da aber die hier andeutungsweise sichtbare Tendenz durch die Grünremissionsmessung als bestätigt bzw. bekräftigt, wenn auch nicht als erwiesen gelten kann, wollen wir davon ausgehen, daß sich wirklich ein geringer Hauttempe-

raturunterschied zwischen einer mit UV-Strahlen behandelten und anschließend mit Sole bzw. Sole und Kalzium bebadeten und einer mit destilliertem Wasser behandelten Hautstelle findet. In unserem Fall würde das also bedeuten, daß ein geschädigter bzw. angegriffener menschlicher Hautbezirk in seinen Temperaturwerten unterschiedlich auf die drei verschiedenen Badeflüssigkeiten reagiert und zwar im Sinne einer Temperaturerhöhung durch Sole, weniger durch Sole mit Kalzium und einer geringsten Reizwirkung durch destilliertes Wasser.

Der durch die physikalischen Eigenschaften aller drei Wässer als Flüssigkeiten bedingte kühlende Effekt, der nach der Bebadung anfangs und in der Mitte der Kurven deutlich sichtbar ist, ist gut bekannt und wird auch beispielsweise in einer Arbeit von Gertler und Schimpf (54) hervorgehoben, die vom feuchten und kühlenden Umschlag sprechen, der zur alltäglichen dermatologischen Behandlungsmethode gehört und sich vornehmlich bei akuten Hautentzündungen bewährt, um die Haut zu enthitzen und auszutrocknen. Bedenkt man, daß zur Verdampfung von 1g Wasser 539 Kalorien benötigt werden, so mag dieser stark abkühlende Effekt verständlich sein. Auch die Natur hat sich diese Tatsache bei der Wasserabgabe durch die Haut zum Zwecke des Wärmeausgleichs mit der Umgebung zu Nutzen gemacht. Diese Hautwasserabgabe wird als Perspiratio bezeichnet. Sie unterteilt sich in einen sensiblen, durch vegetative Impulse auf die Schweißdrüsen ausgelösten Anteil und in einen insensiblen. Hierbei ist die Größe der Hautwasserabgabe neben anderen Faktoren entscheidend von der Dampfdruckdifferenz zwischen der Haut und der sie umgebenden Luft abhängig.

Hierbei möchte ich auch auf eine demnächst erscheinende Arbeit von Hemmerich E. verweisen, die sich an unserem Institut mit der Hautwasserabgabe bei Solebebadung befaßt. Da dieser kühlende Effekt allen drei von uns verwendeten Badeflüssigkeiten zu eigen ist, muß die von uns angenommene Verschiedenheit ihrer Wirkung im chemischen Bereich zu finden sein.

Nach der bereits von uns gegebenen Definition der Sole, ist hier natürlich hauptsächlich das Kochsalz von Bedeutung. Je-

dem von uns, der schon im Meerwasser gebadet hat, ist bekannt, daß kleine Wunden wie Risse oder Hautabschürfungen, sowie Entzündungen an der Haut bei Berührung mit Salzwasser eine oft schmerzhaft brennende Empfindung verursachen. Dieses Brennen, mit dem auch zumeist eine vermehrte Rötung einhergeht, ist wohl hauptsächlich auf die Wirkung des Kochsalzes zurückzuführen. Vermehrte Durchblutung als Reaktion auf die Reizwirkung des Salzwassers bedingt dann mit der Rötung eine leichte Temperaturerhöhung des betreffenden Hautgebietes. Soweit der Versuch einer ersten, ebenso einleuchtenden wie einfachen Erklärung der Möglichkeit einer besonderen Temperaturerhöhung einer geschädigten Hautstelle nach Solebebadung.

Da sowohl Temperaturerhöhung als auch Erythemzunahme auf ein und denselben physiologischen Vorgang, nämlich auf die Hyperämie zurückzuführen sind, müssen wir uns bei näherer Betrachtung der gefundenen Tendenzen damit auseinandersetzen, wie es zu erklären sein könnte, daß die Bebadung einer angegriffenen Hautstelle mit destilliertem Wasser, Sole mit Kalzium oder Sole, in zunehmendem Maße zu einer verstärkten Hyperämie führt. Hierauf wollen wir im Anschluß an die Besprechung der Ergebnisse aus der Grünremissionsmessung nochmals näher eingehen.

b) Grünremissionsmessung

Nach Gottron und Schönfeld (42) wird die Farbe der menschlichen Haut durch die Eigenfarbe der oberen Epidermisschichten, die Menge und Verteilung der eingelagerten Pigmente und die Farbe und Menge des in den Hautgefäßen strömenden oder lagernden Blutes bestimmt.

Die von uns festgestellten und in Tabelle 2 zusammengefaßten Schwankungen der Grünremissionswerte zum Zeitpunkt der Ausgangsmessungen innerhalb unseres Probandengutes erklären sich durch eine Variation eines oder mehrerer dieser oben beschriebenen Faktoren. Hierbei ist bei den hellhäutigen Menschen natürlich das in den Hautgefäßen befindliche Blut von entscheidender Bedeutung. Daß sich die Durchschnittswerte bei allen

sechs Feldern nahezu gleichen, nimmt bei der eng zusammenhängenden Lage, sowie der dem Sonnenlicht gegenüber gleichmäßigen Abschirmung durch die Bekleidung nicht wunder.

Bei Betrachtung der Literatur finden sich keine mit unseren Abbildungen 3 und 4 vergleichbaren Kurven, da sowohl Bestrahlungsquelle als auch Meßgerät in fast allen diesbezüglich ähnlichen Arbeiten von Autor zu Autor schwanken.

In einer Untersuchung von Tronnier (32), die sich mit der Bedeutung der Hornschicht für die Lichtreaktion der menschlichen Haut befaßt, sind Erythemverlaufskurven zu finden, die sich wenigstens in dem von uns bevorzugten Meßzeitraum abspielen. Die Bestimmung des Erythems erfolgte sowohl mit der Wucherpfennigschen Sektorentreppe nach Bestrahlung mit der Ultravitaluxlampe als auch durch Messung mit dem Elrepho nach Bestrahlung mit der gefilterten Kromayerlampe. Die Erytheme erreichten je nach Vorbehandlung der Haut nach ca. 8 - 10 Stunden ihr Maximum. Wie bereits bei der Diskussion der Temperaturkurven bemerkt, könnten auch bei unseren Erythemkurven die Maxima etwas weiter nach rechts verschoben, d.h. etwas später liegen, was durch die halbstündige Bebadung evtl. verschleiert wurde. Dies wird durch die Betrachtung der in Abbildung 10 wiedergegebenen Werte eines einzelnen Versuches, bei welchem diese zweite Bebadung noch nicht durchgeführt wurde, bestätigt.

Vergleichen wir unsere Temperaturkurven in Abbildung 1 mit der Abbildung 3, so sehen wir, daß sich bei der Remissionsmessung der kühlende Wassereffekt bei der ersten Bebadung in viel geringerem Maße niederschlägt als bei der Temperaturmessung. Außerdem treten die verschiedenen Bestrahlungszeiten bei der Hautfarbenmessung bedeutend stärker in Erscheinung. Man sieht also, daß die Temperatur- und Erythemwerte zwar durchaus vergleichbar, weil nahezu gleichen Ursprungs sind, aber ihre Kurven keineswegs parallel zueinander verlaufen. Dies mag daran liegen, daß zwar sowohl Temperatur- wie auch Remissionsmessung mit der Blutfülle in den Kapillaren zusammenhängen, daß aber letztere einzig und alleine von der Blutmenge bzw. -Farbe abhängt, während die Temperatur maßgeblich von der Blutströmung

bestimmt wird. Dies ist auch der Grund, daß die Hautrötung vergleichsweise am besten mit der Grünremissionsmessung erfaßt werden kann, da es durchaus auch gerötete Hautbezirke gibt, die keine nennenswerte Temperaturerhöhung im Vergleich zu ihrer Umgebung aufweisen.

Auch Abbildung 6 zeigt uns sinngemäß nach der ersten Bebadung im Vergleich zu Abbildung 5 keinen kühlenden Effekt, etwa im Sinne eines Hellerwerdens der Haut. Es ist aber durchaus wahrscheinlich, daß ohne diese einstündige Bebadung die Ausbildung des Erythems bereits früher begonnen hätte, daß also der kühlende Effekt indirekt doch zur Wirkung gekommen ist. Interessant ist auch noch der unterschiedliche Kurvenverlauf in den beiden Abbildungen zum Zeitpunkt der Messung nach 24 Stunden. Während sich vier Stunden nach der Bebadung gleiche, wenn auch verschieden stark ausgeprägte Tendenzen erkennen lassen, liegt nach 24 Stunden bei den Temperaturwerten die Solekurve über den beiden anderen, die in einem Punkt vereint erscheinen. Die Abbildung mit den Ergebnissen aus der Remissionsmessung zeigt jedoch ein gleichsinniges Verhalten nach Sole- und Sole mit Kalziumzusatz-Bebadung, mit deutlich tieferliegenden Werten der Wasserkurve. Dies könnte man in Anlehnung an das Vorhergesagte dahingehend zu deuten versuchen, daß zum Meßzeitpunkt zwar die mit Sole bzw. Sole und Kalzium behandelten Hautstellen röter waren als die mit destilliertem Wasser bebadeten, daß aber ausschließlich die Solekurve eine erhöhte Blutzirkulation repräsentiert, während die mit Sole und Kalzium bebadeten Hautareale im Vergleich zu den mit Wasser bebadeten, lediglich eine vermehrte Blutfülle aufwiesen.

Wie wir uns mit der Frage der Solewirkung auf UV-bestrahlte Haut befassen, befaßte sich Kleinschmidt (15) mit dem ähnlichen Thema, aber in anderer Reihenfolge. Er machte die Beobachtung, daß während der Solbadkuren bei Bestrahlung mit ultravioletttem Licht verstärkte Hauterytheme auftraten. Nach einer selbsthergestellten Farbskala teilte er die Hautreaktionen in verschiedene Stärken ein und stellte eine Kurve für die Hautreaktionen in Abhängigkeit von der Häufigkeit der Solbäder auf. Er fand,

daß die Empfindlichkeit der Haut gegenüber UV-Strahlen bei vermehrter Anzahl von Solbädern erheblich zunimmt.

Auch Tronnier (32) beschäftigte sich mit der Wirkung einer Bebadung vor der Bestrahlung auf dem Erythemverlauf. Er konnte zeigen, daß eine Quellung durch Alkali (Seife oder NaOH), aber auch eine durch den Wasseranteil einer Säure (HCl - in Wasser gelöstes Chlorwasserstoffgas -) zu einer deutlichen Verstärkung der UV-Reaktion führt. Die Erythemausbildung bei getrockneter Haut (Aceton) erfolgte deutlich verspätet und entsprach nach 24 Stunden wieder der Kontrollmessung bzw. dem Leerfeld.

Die Ergebnisse dieser beiden Autoren zeigen uns deutlich, daß eine Bebadung der normalen menschlichen Haut, ob mit Sole, Alkali oder Säure (Wasseranteil) dieselben äußeren Einflüsse wie beispielsweise der UV-Bestrahlung gegenüber empfindlicher werden läßt.

Fey und Lampert (55) erwähnen in einem Kapitel über die Wirkungsweise von Badezusätzen Kochsalz und Sole als hautreizend und hyperämisierend.

In einer Veröffentlichung über die Rheinfelder Kur und ihre Indikationen, schreibt Keller (7), daß nach Solebädern die Hauttemperatur längere Zeit erhöht bleibt als nach Süßwasserbädern und daß kapillarmikroskopisch auch eine Erweiterung des Hautgefäßsystems festgestellt werden konnte. Ferner beschreibt er eine beobachtete Steigerung der Berührungssensibilität. Auf eine Bebadung einer angegriffenen bzw. geschädigten Hautstelle übertragen, würden diese Beobachtungen mit unseren Ergebnissen durchaus übereinstimmen.

Nach Stüttgen (37) hat Kalzium eine reizdämpfende Wirkung auf die menschliche Haut. Außerdem setzt es die Kapillarpermeabilität herab. Diese beiden Tatsachen würden die von uns beobachtete Tendenz, daß ein Kalziumzusatz zur Sole deren Reizwirkung mindert, erklären.

Wir konnten durch die aus unseren Versuchsergebnissen ersichtlichen Tendenzen die Reizwirkung der Sole auf die menschliche

Haut, in unserem speziellen Fall auf die durch UV-Bestrahlung geschädigte Haut, bestätigen. Kalziumzusatz zur Sole scheint diese Reizwirkung zu mindern. Die interessante Frage, ob auf längere Sicht betrachtet die durch Solebebadung momentan noch stärker gereizte, geschädigte Hautstelle im Vergleich zu einer Bedadung mit destilliertem Wasser eher eine Heilung erfährt, konnte durch unsere Versuche nicht geklärt werden. Um dies zu untersuchen, müßte man wahrscheinlich mit stärkeren Erythemen und höherer Kochsalzkonzentration arbeiten und vor allem auch die Probanden über einen noch längeren Zeitraum beobachten.

c) pH-Wert-Bestimmung

Die von uns zum Zeitpunkt der Ausgangsmessung gefundenen und für jede der 15 Versuchspersonen getrennt errechneten pH-Mittelwerte der Gesäßhaut, bewegen sich im Bereich von pH 4,6 bis 6,8.

Nach Untersuchungen von Marchionini, Pascher und Röckl (48) schwankt der pH-Wert der Hautoberfläche an nicht intertriginösen Arealen bei Gesunden zwischen pH 5 und 6. Dies stimmt mit den von uns gefundenen Ergebnissen grundsätzlich überein.

Die annähernd gleichen Durchschnittswerte auf allen sechs Hautarealen sprechen für einen in etwa gleichen pH-Wert eines größeren Körperhautbezirks. Dies deckt sich mit der Ansicht von Lotmar (14), daß der Haut-pH beim Einzelindividuum abgesehen von bestimmten und bereits in der Literatur erwähnten Stellen wie beispielsweise Fußsohle, Ferse, Axilla und Ellbogen, innerhalb gewisser Grenzen gleichhoch ist. Weiterhin folgert sie aus ihren Versuchen, daß offenbar jeder Mensch einen für ihn charakteristischen Haut-pH-Wert besitzt.

Zur Diskussion unserer in Abbildung 8 gezeichneten drei Kurven wollen wir ihre Ergebnisse aus ähnlichen Versuchen heranziehen. Frau Lotmar untersuchte den Haut-pH-Verlauf nach halbstündiger Bedadung des Unterarms mit Leitungswasser, Rheinfelder Sole (6%) sowie anderen, uns in diesem Zusammenhang weniger interessierenden Badelösungen. Ihre Abbildungen geben statt un-

serer Kurven aus errechneten Mittelwerten, durch Begrenzungslinien eingerahmte Punktescharen wieder. Wir haben zwar weniger Einzelmessungen an einer Person durchgeführt, aber dafür je zwei Felder von insgesamt sechs Versuchspersonen als Mittelwerte zusammengefaßt. Auch unterscheiden sich beide Versuchsdurchführungen leider in sehr vielen Punkten, sodaß ein absoluter Vergleich der Werte nicht in Frage kommen kann.

Besonders interessiert uns ihre Abbildung mit den Werten aus der Solebebadung. Ausgehend von einem Intervall im Bereich von pH 6,5 bis 7,0 gleich nach der Bebadung, sanken die pH-Werte in der ersten Stunde ziemlich rasch ab, um sich dann allmählich und stetig wieder dem Normalbereich zu nähern, dessen obere Grenze nach ca. 15 Stunden erreicht war. Diese Ergebnisse lassen sich nur bedingt mit unseren Kurven in Einklang bringen. Der augenfälligste Unterschied dürfte hier wohl in einer von uns beobachteten viel rascher erfolgten Rückkehr zum Ausgangs-pH-Wert liegen. Auch das Kurvenmaximum liegt bei uns tiefer, was aber auch mit durch die verschiedene Wertedarstellung (Mittelwertkurve-Punkteschar) bedingt sein mag.

Frau Lotmar schreibt, daß Untersuchungen über den Einfluß von Thermalwasserbädern auf den pH der menschlichen Haut nur dann sinnvoll sind, wenn unter gleichen Bedingungen auch Versuche mit gewöhnlichem Leitungswasser durchgeführt werden. Bei der Besprechung ihrer Versuchsergebnisse kommt sie zum Schluß, daß hinsichtlich der Veränderungen des Haut-pH kein Unterschied zwischen Thermalwässern und gewöhnlichem Leitungswasser besteht. Sie führt dies auf das starke Puffervermögen der menschlichen Haut zurück.

Ein grundlegender Unterschied in den von ihr angewendeten Badelösungen im Vergleich zu unseren bestand darin, daß ihre verschiedenen Flüssigkeiten annähernd gleiche pH-Werte aufwiesen. Die für uns in diesem Rahmen interessanten, bewegen sich zwischen pH 7,4 und 8,0, im Rahmen des Züricher Leitungswassers. Wahrscheinlich waren diese ähnlichen pH-Werte auch einer der Hauptgründe für die ähnlichen Kurvenverläufe. So läßt sich

z.B. bei dem ebenfalls von ihr verwendeten alkalischen Yuma-Moorbad, mit einem pH-Wert von 9,0 eine etwas höhere Lage einiger Meßpunkte erkennen. Wir hatten es bei unseren Versuchen mit drei in ihrem pH-Wert keineswegs so gut übereinstimmenden Badelösungen zu tun. Die Sole wies einen Wert von 7,8 auf, der von Sole mit Kalziumzusatz betrug ca. 5,4. Das pH-Verhalten des destillierten Wassers ist ja bekanntlich sehr großen Schwankungen unterlegen, d.h. schon geringste Mengen basischer oder saurer Ionen können auf Grund der gänzlich fehlenden Pufferwirkung starke Ausschläge nach der einen oder anderen Seite hervorrufen. Nach Remy (56) ist gewöhnliches destilliertes Wasser stets kohlenensäurehaltig und hat daher im allgemeinen eine wesentlich höhere Wasserstoffionenkonzentration, was sich auch mit den von uns stichprobenweise gemessenen Werten von ca. pH 5,5 bis 6,0 deckt.

Betrachten wir nun die Kurve aus unseren pH-Mittelwerten nach Solebebadung (siehe Abbildung 8), so könnte man im ersten Moment annehmen, daß der Grund für die sofort nach der Bebadung gemessenen, relativ niederen pH-Werte im starken Puffervermögen der menschlichen Haut zu suchen ist.

Nach Gottron und Schönfeld (42) beruht die Hautresistenz gegenüber Säuren und Laugen im wesentlichen auf der Barrierenwirkung der Hornschicht, wahrscheinlich speziell des stratum lucidum. Als Faktoren, welche bei der Neutralisation schwacher Laugen und Säuren beteiligt sein könnten, führen sie den Hauttalg, den Schweiß, die freien Aminosäuren und die Milchsäuren sowie die Kohlensäure an.

Marchionini, Pascher und Röckl (48) sehen die Summe der freien Aminosäuren, die als Ganzes fast neutral reagieren, als den mehr oder weniger weit überwiegenden Anteil der die Pufferkapazität bedingenden Substanzen an.

Auch nach Szakall (49) beruht das Puffervermögen der menschlichen Haut in erster Linie auf die freien Aminosäuren des verhornten Hautepithels.

Dieses Puffervermögen spielt bei den von uns aufgezeichneten Ergebnissen natürlich eine entscheidende Rolle, aber die Tatsache, daß alle drei Extremwerte unserer Kurven in Bezug auf den Ausgangs-pH-Wert der Badewässer etwas zu weit im sauren Bereich zu liegen scheinen, könnte durchaus ihre Ursache in unserer spezifischen Versuchsmethode haben. Verglichen mit einer Bebadung des ganzen Armes, wie sie von Frau Lotmar durchgeführt wurde, haben wir, wie oben beschrieben nur mit getränkten Zellstoffleckchen bebadet. Es fand also nicht in gleichem Maße eine Umspülung der betreffenden Hautstellen mit den Badelösungen statt, wie dies von anderen Autoren gehandhabt wurde. Deshalb wäre bei unseren Probanden eine geringfügige Anhäufung der, den sauren pH-Wert der Hautoberfläche bestimmenden Substanzen, die durch die Bebadung herausgelöst werden, denkbar.

Die Sole-Kurve unterscheidet sich zwar statistisch signifikant von der Sole-Kalzium- und Aqua dest.-Kurve, aber der von uns aufgezeichnete genaue Verlauf kann nur sehr vorsichtig interpretiert werden. Eine Stunde nach der Bebadung unserer geschädigten Hautstellen mit der Sole Rheinfelden (3%), zeigt sich im Vergleich zu den Ausgangswerten eine Zunahme des pH-Wertes. Auf Grund des Alkalineutralisationsvermögens der Haut, liegen aber die zu diesem Zeitpunkt gemessenen Werte unterhalb des pH-Werts der Sole. Entsprechend finden sich zur selben Zeit nach Bebadung mit Sole und Kalziumchloridzusatz im Vergleich zur Ausgangsmessung mehr im sauren Bereich liegende pH-Werte. Eine besondere Säureneutralisationsfähigkeit ist in unserer Kurve nicht ersichtlich. Sie würde erst bei tieferen pH-Werten nennenswert in Erscheinung treten.

Interessant scheint die Tatsache, daß nach Sole-Bebadung der ursprüngliche Haut-pH-Wert bereits nach drei bis fünf Stunden wieder erreicht wurde. Bei unseren beiden anderen Badelösungen tritt dieser Effekt erst nach ca. 15 bis 24 Stunden auf. Gemeinsam mit Dr. Pratzel diskutierten wir zu diesem Problem folgendes Denkmodell: Die Sole enthält pH-aktive Substanzen.

Die Sole mit Kalziumzusatz verhält sich analog zu destilliertem Wasser, da Ca Cl_2 diese pH-aktiven Substanzen abfängt. Betrachtet man nun unsere Abbildung 8 und denkt man sich in einer fiktiven Kurve den Kehrwert der Aqua dest.-Kurve zur Solekurve hinzuaddiert, so hat man die spezifische Solewirkung, unabhängig vom Lösungsmittel Wasser. Man sähe nun den raschen pH-Anstieg nach der Bebadung in Richtung Sole-pH und die langsame Rückkehr zum Ausgangswert im Verlauf von 24 Stunden. Zu diesem Zeitpunkt haben die pH-aktiven Substanzen der Sole keinen Einfluß mehr und die Haut hat ihr Puffervermögen wiedererlangt.

c) Allgemeine Ergebnisse

Die von uns beobachtete besondere UV-Empfindlichkeit blonder Versuchspersonen ist wahrscheinlich auf die Tatsache zurückzuführen, daß deren Melanozyten weniger und nicht so rasch Melanin zu produzieren vermögen, als dies bei Dunkelhaarigen der Fall ist.

Nach Niebauer (57) liegt die Aufgabe des epidermalen Melanins im Abhalten der schädlichen ultravioletten Strahlung von dem empfindlichen Stratum germinativum. Wo sich weniger Melanin findet, treten natürlich sinngemäß auch stärkere Erytheme auf.

Die zunächst verwunderliche Beobachtung, daß blonde Versuchspersonen mit normal heller Hautfarbe empfindlicher reagierten als Dunkelhaarige mit besonders heller Ausgangshautfarbe findet ihre Erklärung darin, daß die Farbe der normalerweise der Sonne nicht ausgesetzten Haut in überwiegendem Maße von der Blutfülle bestimmt wird. Unsere blonden Versuchspersonen zeigten wahrscheinlich zufälligerweise eine stärkere Durchblutung in dem von uns beobachteten Hautbezirk.

Das uns aufgefallene fehlende Vermögen zur subjektiven Differenzierung des Reizorts, läßt sich in Anlehnung an Rein und Strughold (58) dahingehend deuten, daß den einzelnen Warm- und Kaltpunkten ein "Ortswert", wie er z.B. bei Berührungsempfindungen auftritt, nicht zukommt. Es wird offenbar nur das Dermatome richtig ermittelt, in dem der Reiz wirkt.

VII. ZUSAMMENFASSUNG

1. Von Anfang April bis Ende Juli 1973 wurde unter konstanten Bedingungen an 15 Versuchspersonen beiderleis Geschlechts die Wirkung der Sole Rheinfelden (3%), sowie der Sole mit Kalziumzusatz im Vergleich zu destilliertem Wasser, auf künstlich mit Hilfe von UV-Bestrahlung geschädigte Haut untersucht. Erythemausbildung und -verlauf wurden mittels Temperatur- und Remissionsmessung verfolgt. Außerdem wurden die pH-Werte der Haut mitbestimmt und auf subjektive Empfindungen seitens der Probanden geachtet.
2. Bei der Temperatur- und Remissionsmessung zogen wir zur statistischen Auswertung die 9 Versuche Nr. 4 mit 12, bei der pH-Wert Bestimmung die 6 Versuche Nr. 1 mit 6 heran. Die Auswertung erfolgte mittels der Varianz- und Kovarianzanalyse, der Korrelationsrechnung und bei der pH-Messung ausschließlich mittels des t-Tests.
Die graphischen Darstellungen basieren auf jeweils 6 zusammenhängenden und nach völlig gleichem Schema ablaufenden Versuchen.
3. Da die statistischen Auswertungen der Ergebnisse aus der Temperatur- und Remissionsmessung keine Signifikanz ergaben, mußten wir uns hierbei mit der Beschreibung von Tendenzen begnügen.
Es zeigt sich, daß die Sole im Vergleich zu destilliertem Wasser eine stärkere Reizwirkung auf geschädigte menschliche Haut ausübt und, daß Kalziumzusatz zur Sole diese Reizwirkung etwas mindert.
4. Die Messung der Grünremission erwies sich im Vergleich zur Temperaturbestimmung in unserem Fall als die günstigere Methode zur Bestimmung der unterschiedlichen Wirkung der Badelösungen.
5. Bei der pH-Wert-Messung ergab sich ein statistisch signifikanter Unterschied (t-Test) zwischen den Mittelwerten aus

der Solebebadung und denjenigen aus Sole-Kalzium- sowie Aqua dest.-Bebadung. Aus der Solebebadung resultierten, ihrem Eigen-pH entsprechend etwas höhere Werte als sie bei der Ausgangsmessung gefunden wurden. Nach drei bis fünf Stunden waren aber die Normalwerte wieder erreicht. Einen entgegengesetzten Verlauf zeigten die beiden Kurven aus der Sole-Kalzium- und Wasserbebadung. Bei diesen Hautarealen konnten die ursprünglichen pH-Werte erst wieder nach 15 bis 24 Stunden gefunden werden.

6. Bei Betrachtung der allgemeinen Ergebnisse stellte sich eine besondere Erythemempfindlichkeit für blonde Versuchspersonen heraus, die normal helle Hautfarbe besaßen.
7. Die vorliegende Arbeit beschreibt eine Methode, an Hand von Untersuchungen des Erythemverlaufs nach UV-Bestrahlung die Beeinflussung der menschlichen Haut durch Solebäder zu beobachten.

Auf Grund der begrenzten Anzahl nach gleichem Schema ablaufender Versuche, - Vor- und Kontrollversuche konnten nicht mit ausgewertet werden - zeigen unsere statistischen Berechnungsergebnisse mit Ausnahme des t-Tests bei der pH-Messung keine Signifikanz.

Es ist jedoch die Tendenz zu erkennen, daß geschädigte Haut durch Solebebadung stärker gereizt wird als durch Bebadung mit destilliertem Wasser. Sole mit Kalziumzusatz scheint diese Reizwirkung zu mindern.

Der pH-Wert der Haut steigt nach Solebebadung erwartungsgemäß etwas an, kehrt aber bereits nach ca. 3 - 5 Stunden in den Ausgangsbereich zurück.

VIII. ANHANG

1. Literaturverzeichnis

- Bohnstedt, R.M. (3): Behandlung von Hautkrankheiten
in Bade- und Kurorten
Dtsch. Med. Journ. 5: 103-105,
1954
- Buchmüller, K. (41): Über die ultrarote Emission, Re-
flexion und Durchlässigkeit der
lebenden menschlichen Haut im
Spektralbereich 3-15 μ m
Pflügers Archiv 272: 360-371, 1961
- Bücker, H. (46): Zur Abgrenzung des UV-Erythems
durch das unspezifische Strahlungs-
erythem
Strahlentherapie 111: 404-413, 1960
- Dimitrios, E. (51): Bilanzuntersuchungen zur Imbition
der Haut mit Wasser und in Wasser
gelösten Stoffen
Med. Diss. München 1965
- Dirnagl, K. und (17): Untersuchungen über die Jodresorp-
Presch, H.-R. tion im Bade mit Hilfe von Radiojod
Klin. Wschr. 31: 525-527, 1953
- Dirnagl, K., Drexel, H.
und Quentin, K.-E. (18): Untersuchungen mit Radioschwefel
im Hinblick auf die Schwefelresorp-
tion bei der Balneotherapie
Zschr. angew. Bäder-Klimahk. 6:
634-653, 1956

- Dirnagl, K. und
Drexel, H. (20): Bilanzuntersuchungen zum Transport von Wasser und in Wasser gelösten Mineralstoffen durch die Haut
Pflügers Archiv 272: 84, 1960
- Dirnagl, K. und
Drexel, H. (11): Zur Wärmeeinwirkung verschiedener Bäderarten
Zschr. angew. Bäder-Klimahk. 8:
592-606, 1961
- Dirnagl, K. und
Drexel, H. (21): Wirkungsmöglichkeiten der Inhaltsstoffe von Heilwässern beim Bad
Ärztl. Forschung 16: 1/513-1/522,
1962
- Dirnagl, K. und
Drexel, H. (22): Die quantitative Erfassung der Aufnahme von Quellinhaltsstoffen in die Haut und durch die Haut
Archiv für physik. Therapie 15:
283-305, 1963
- Dirnagl, K. (23) Resorptionsuntersuchungen mit Hilfe der Isotopentechnik
Ärztl. Forschung 17: 272-275,
1963
- Dirnagl, K. (24): Vergleichende Messungen der Durchlässigkeit von intakter Haut und von isoliertem Barriere-Häutchen für Wasser und Jodid
II. Symposium Dermatologicum BRNO
7.-9. X. 1964
- Drexel, H. und
Dirnagl, K. (19): Autoradiographische Studien zur Sulfatresorption durch die Haut
Archiv für physik. Therapie 8:
34-37, 1956

- Drexel, H. und (4): Resorption und Absorption von Meer-
Dirnagl, K. wasserinhaltsstoffen durch die Haut
Thalassotherapie. Verh. d. XIII. Int.
Kongr. f. Thalassotherapie
J.J. Augustin, Glückstadt 1967
- Drexel, H. und (25): Der Stoffaustausch durch die Haut
Dirnagl, K. unter hydrotherapeutischen und bäder-
therapeutischen Maßnahmen
(Stoffaufnahme und Stoffabgabe in
ihrer Bedeutung für Haut und Gesamt-
organismus)
Archiv für physik. Therapie 20:
361-375 , 1968
- Drexel, H., Dirnagl, (5): Experimentelle Befunde zum chemi-
K. und Pratzel, H. schen Wirkungsmechanismus der Sole-
und Seebäder
Phys.-Med. Schattauer Verlag: 862-
869, 1970
- Epprecht, R. (50): Elektrometrische Messungen des pH
der Hautoberfläche bei Hautgesunden
und Ekzempatienten mit besonderer
Berücksichtigung der Säureneutrali-
sation
Dermatologica 111: 204-215, 1955
- Evers, A. (1): Balneotherapie der Hauterkrankungen
Z. f. Haut- und Geschlechtskrank-
heiten Band IX, Nr. 4: 160, 1950
- Fey, Ch. und (55): Hydrotherapie unter Besonderer Be-
Lampert, H. rücksichtigung der Kneippschen
Wasserbehandlung
Verlag für physikalische Medizin,
Heidelberg 1969

- Forcher-Mayr, O. (39): Prüfung von Sonnenschutzmitteln durch hautthermometrische Untersuchungen im Hochgebirge
Med. klin.48: 846-847, 1953
- Gertler, W. und Schimpf, A. (54): Hydrotherapie bei Hautkrankheiten
Das dtsch. Gesundheitswesen 14: 451-456, 1959
- Gießmann, H.-G. und Fuhlsch, A. (31): Die Wirkung einer Bestrahlung mit ultravioletter Licht auf die Magensaftabsonderung
Strahlentherapie 117: 597-600, 1962
- Gottron, H.A. und Schönfeld, W. (42): Dermatologie und Venerologie
Band I / Teil 1
Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1961
- Graul, E.H. (27): Zusammenhänge zwischen Zellpermeabilität und Atmungsstoffwechsel UV-bestrahlter feuchthäutiger Tiere
Strahlentherapie 78: 257-272, 1949
- Grüninger, U., Klüken, N., Merkle, G. (40): Beobachtungen über die Wirkungen von Solbädern auf das Elektrodermatogramm (EDG) und die Hauttemperatur der Kinder
Arch. physik. Therap. 7: 183-186, 1955
- Grüninger, U. (13): Über die Solbäder und ihre Wirkungen auf den menschlichen Organismus
Arch. für Kinderheilkunde 151: 147-156, 1955

- Hausser, K.W. (34): Sonnenbrand und Sonnenbräunung
und Vahle, W. Wiss. Veröffentlichungen aus dem
Siemenskonzern IV (1): 101-120
Berlin 1927
- Heite, H.-J. und (28): Wärmeleitmessungen an der menschli-
Wurbs, M. chen Haut unter dem Einfluß von Ul-
traviolett- und Röntgenstrahlen
Strahlentherapie 122: 300-310, 1963
- Ippen, H. (52): Untersuchungen zur Lichtphysiologie
der Haut
I Erythemschutz durch externe Anwen-
dung von 5-Fluoruracil
Arch. klin. exp. Derm. 234: 204-212,
1969
- Keller, K. (7): Die Rheinfelder Kur und ihre Indika-
tion
Therapeutische Umschau 7: 12, 1951
- Kihn, L. (29): Die Sauerstoffaufnahme der Haut nach
Ultraviolett- und nach Röntgenbe-
strahlung
Strahlentherapie 117: 584-596, 1962
- Kleinschmidt, H. (15): Über die Wirkung von Sole und Klima-
kuren im Kindesalter
Zschr. angew. Bäder-Klimahk. 12:
318-336, 1965
- Kleinschmidt, J., (12): Chemische Bäderwirkungen
Drexel, H. und Münch. med. Wschr. 115: 433-437,
Dirnagl, K. 1973
- Kunz, H. (9): Indikation und Technik der Wasser-
bettbehandlung
Münch. Med. Wschr. 108: 517-519, 1966

- Henschke, H. und (47): Methodik von Erythem- und Pigment-
Schulze, R. versuchen
Strahlentherapie 63: 236-255, 1938
- Logan, G. and (35): Ultra-Violet injury as an experimen-
Wilhelm, D. L. tal model of the inflammatory reac-
tion
Reprinted from Nature, Vol. 198,
No. 4884, pp. 968-969, Juni 8, 1963
- Lotmar, R. (14): Untersuchungen über das pH der mensch-
lichen Haut mit besonderer Berück-
sichtigung seines Verhaltens nach
Thermalbädern
Fund. baln. bioclim. 1: 160-177, 1959
- Marchionini, A., (48): Der pH-Wert der Hautoberfläche und
Pascher, G. und seine Bedeutung im Rahmen der Bakterien-
Röckl, H. rienabwehr
Proceedings 12. int. Congr.Derm. 1:
396-403, 1962
- Nathan, E. und (36): Über den Mineralgehalt der Haut unter
Stern, F. normalen und pathologischen Bedingun-
gen
V. Mitteilung: Über den Chlor- und
Wassergehalt der normalen und experi-
mentell durch Quarzbestrahlung ent-
zündeten Kaninchenhaut
Dermat. Ztschr. 57: 272-277, 1930
- Neuroth, G. (53): Die Hauttemperatur im Dienste der
Wärmeregulation
Pflüg. Arch. Ges. Physiol. 250: 396-413
Berlin 1948

- Niebauer, G. (57): Der Pigmentstoffwechsel in der normalen und pathologisch veränderten Haut des Menschen
Wiener klinische Wochenschrift 75. Jahrg. 4: 57-61, 1963
- Nikolowski, W. (2): Balneotherapie bei Hautkrankheiten
Medizinische Nr. 29/30 1953
- Pfleiderer, H. (45): Spektralphotometrische Remissionsmessungen an der menschlichen Haut im Bereich von 220 bis 2500 nm
Vortrag auf der 6. Hanauer UV-Tagung 1961
- Pratzel, H. (26): Zur Frage der perkutanen Wirkstoff-Permeation
Experimentelle Untersuchungen mit O-(β -Hydroxyäthyl)-rutosid-Gel
Arzneim.-Forsch. (Drug Res.) 22: 585-588, 1972
- Presch, H.-R. (16): Zur Anwendung von Radio-Isotopen in der balneologischen Forschung
Sonderdr. aus Bericht über den Internat. Balneolog. Kongreß der ISMH. in Deutschland im Oktober 1952
- Rein, H. und Strughold, H. (58): Die Simultanschwellen der Kälteempfindung
Zeitschrift für Biologie Bd. 87: 599-609, 1928
- Remy, H. (56): Grundriß der anorganischen Chemie
Akademische Verlagsgesellschaft Geest und Portig K.-G. Leipzig 1967

- Sadel, E.M. (38): Schwefelbäder und Hauttemperaturen
Ztschr. für Rheumaforschung 5:
89-55, 1941
- Schnelle, K.W. (6): Die Kochsalz- und Solquellen und
ihre balneologischen Anwendungsfor-
men
Dtsch. Med. Journ. 6: 475-479, 1955
- Stiftungsrat (8): 48. Bericht pro 1962 67. Berichts-
des Solbadsanatoriums jahr
Rheinfelden
- Stüttgen, G. (37): Die normale und pathologische Phy-
siologie der Haut
Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1965
- Szakall, A. (49): Über die Eigenschaften, Herkunft und
physiologischen Funktionen die H-
Ionenkonzentration bestimmenden Wirk-
stoffe in der verhornten Epidermis
Arch. klin. exp. Derm. 201: 331-360,
1955
- Tronnier, H. (10): Haut und Wasser
Ärztl. Praxis 49: 2563 u. 2583-2589,
1961
- Tronnier, H. (32): Zur Bedeutung der Hornschicht für die
Lichtreaktionen der menschlichen Haut
Strahlentherapie 132: 128-134, 1967
- Tronnier, H. (43): Bestimmung der Hautfarbe unter beson-
derer Berücksichtigung der
Erythem- und Pigmentmessung
Strahlentherapie 121: 392-404, 1963

- Wiskemann, A. (33): Lichtentzündung und Lichtpigmentierung
Strahlentherapie 117: 608-615, 1962
- Zlotowski, I. (30): Die Reduktion von Methämoglobin in
und Blank, J. der ultraviolett bestrahlten Haut
Naunyn-Schmiedebergs Arch. exp. Path.
u. Pharmak. 234: 530-543, 1958

2. Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1) Konstruktionszeichnung des von uns benutzten, von Dirnagl modifizierten Erythemmeßgerätes.
- Abb. 2) Vergleich des von uns verwendeten grünen Folienfilters mit einem herkömmlichen grünen Glasfilter in Bezug auf Transmission und Wellenlängenbereich.
- Abb. 3) Mittelwerte der Gesäßhauttemperaturen der Probanden Nr. 4 mit 9, unabhängig von den Badeflüssigkeiten und getrennt nach Bestrahlungsdauer.
- Abb. 4) Mittelwerte der Gesäßhauttemperaturen aus Versuch Nr. 4 mit 9, getrennt nach Badelösungen. Hierbei kamen jeweils nur die rechten drei mit 120 Sekunden bestrahlten Felder zur Auswertung.
- Abb. 5) Grünremissionsmittelwerte der Gesäßhaut von Versuchsperson Nr. 4 mit 9, ohne Berücksichtigung der verschiedenen Wässer, getrennt nach Bestrahlungszeiten.
- Abb. 6) Grünremissionsmittelwerte, getrennt nach Badelösungen aus Versuch Nr. 4 mit 9. Hierbei wurden jeweils nur die mit 120 Sekunden bestrahlten Felder zur Auswertung herangezogen.
- Abb. 7) Häufigkeitsverteilung der Haut-pH-Werte unserer 15 Versuchspersonen, zum Zeitpunkt der ersten Messung.
- Abb. 8) Mittelwerte des Haut-pH von jeweils zwei, sich in bezug auf Badelösungen entsprechenden Feldern, unabhängig von der Bestrahlungsdauer. Hierbei kam Versuch Nr. 1 mit 6 zur Auswertung.

- Abb. 9) Mittelwerte der Gesäßhauttemperaturen, der mit 120 Sekunden bestrahlten Felder aus Versuch Nr. 6, getrennt nach Badeflüssigkeiten, zum Zwecke einer Demonstration der Vorverlegung der Maxima durch die halbstündige Bebadung ab Versuch Nr. 7.
- Abb. 10) Grünremissionsmittelwerte der mit 120 Sekunden bestrahlten Felder von Versuchsperson Nr. 6, getrennt nach Badelösungen. Auch hierbei soll gezeigt werden, daß ohne die halbstündige Bebadung, die Maxima später auftreten.

Abb. 1

Erythemmeßgerät
Konstruktionszeichnung
(nach Dirnagl)

(Lampe: Carl Zeiss
Typ: 38 01 77 6V 15 W)

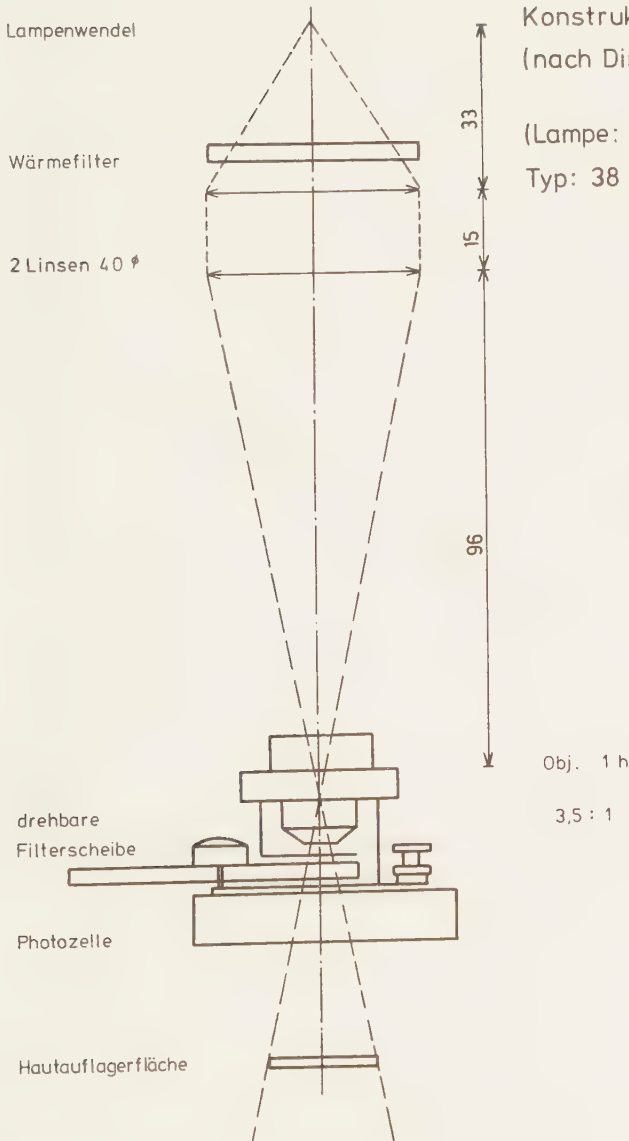


Abb. 2

Transmission und Wellenlängenbereich des von uns verwendeten grünen Folienfilters im Vergleich zum ursprünglichen grünen Glasfilter.



T [°C]

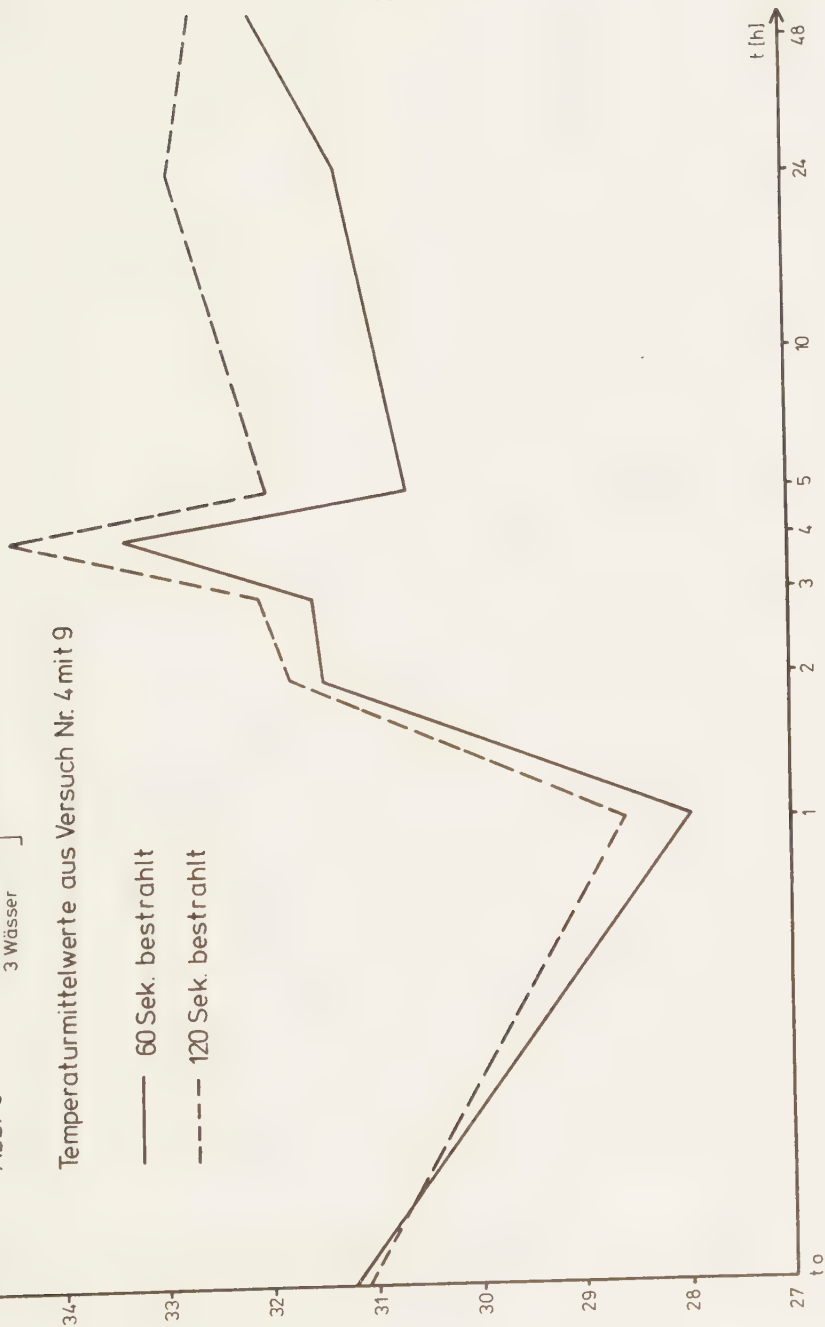
Abb. 3

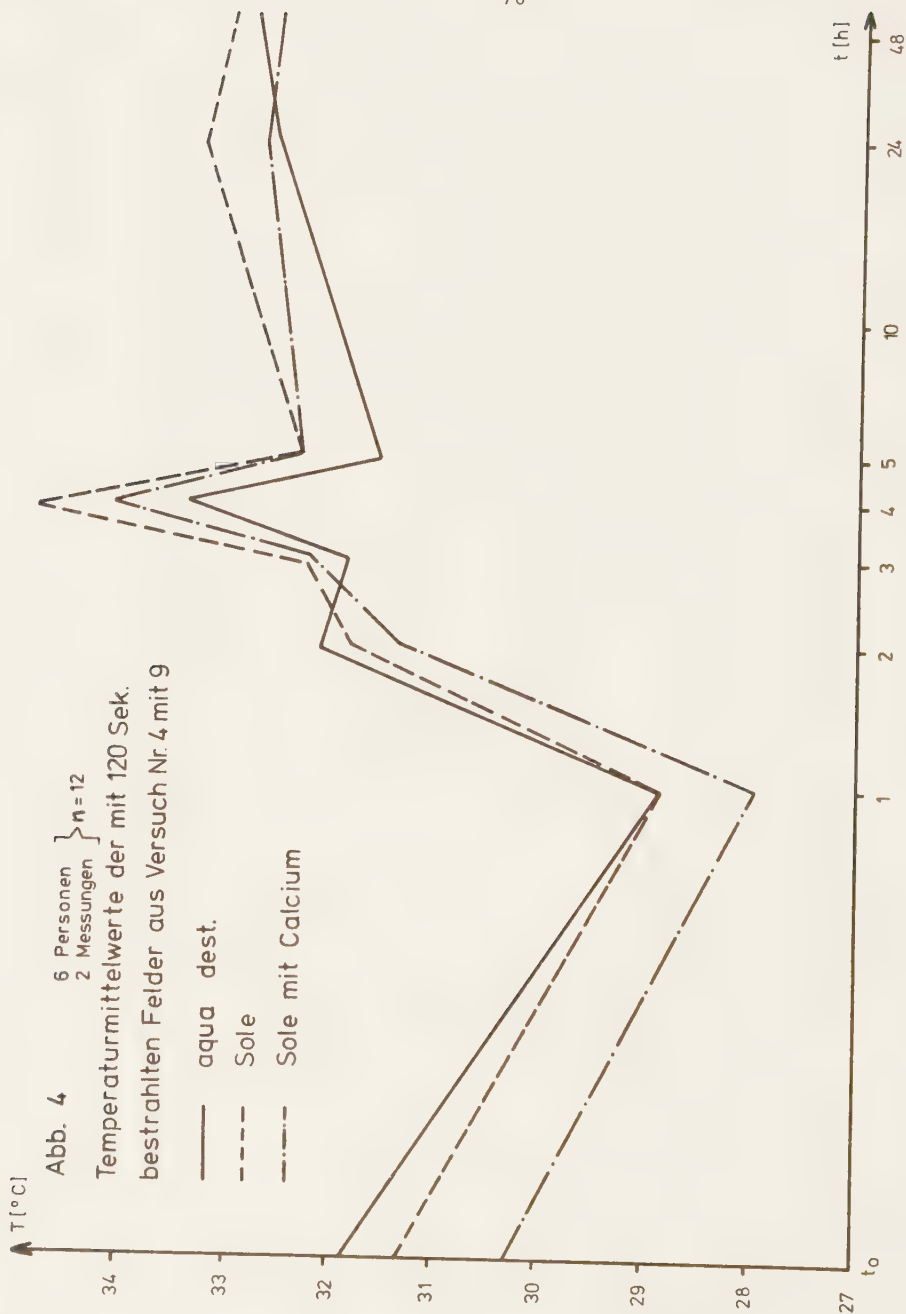
6 Personen } n = 36
2 Messungen
3 Wässer

Temperaturmittelwerte aus Versuch Nr. 4 mit 9

— 60 Sek. bestrahlt

- - - 120 Sek. bestrahlt





Grünrem. [%]

Abb. 5

6 Personen
2 Messungen
3 Wässer } n = 36

Grünremissionsmittelwerte
aus Versuch Nr. 4 mit 9

— 60 Sek. bestrahlt
- - - 120 Sek. bestrahlt



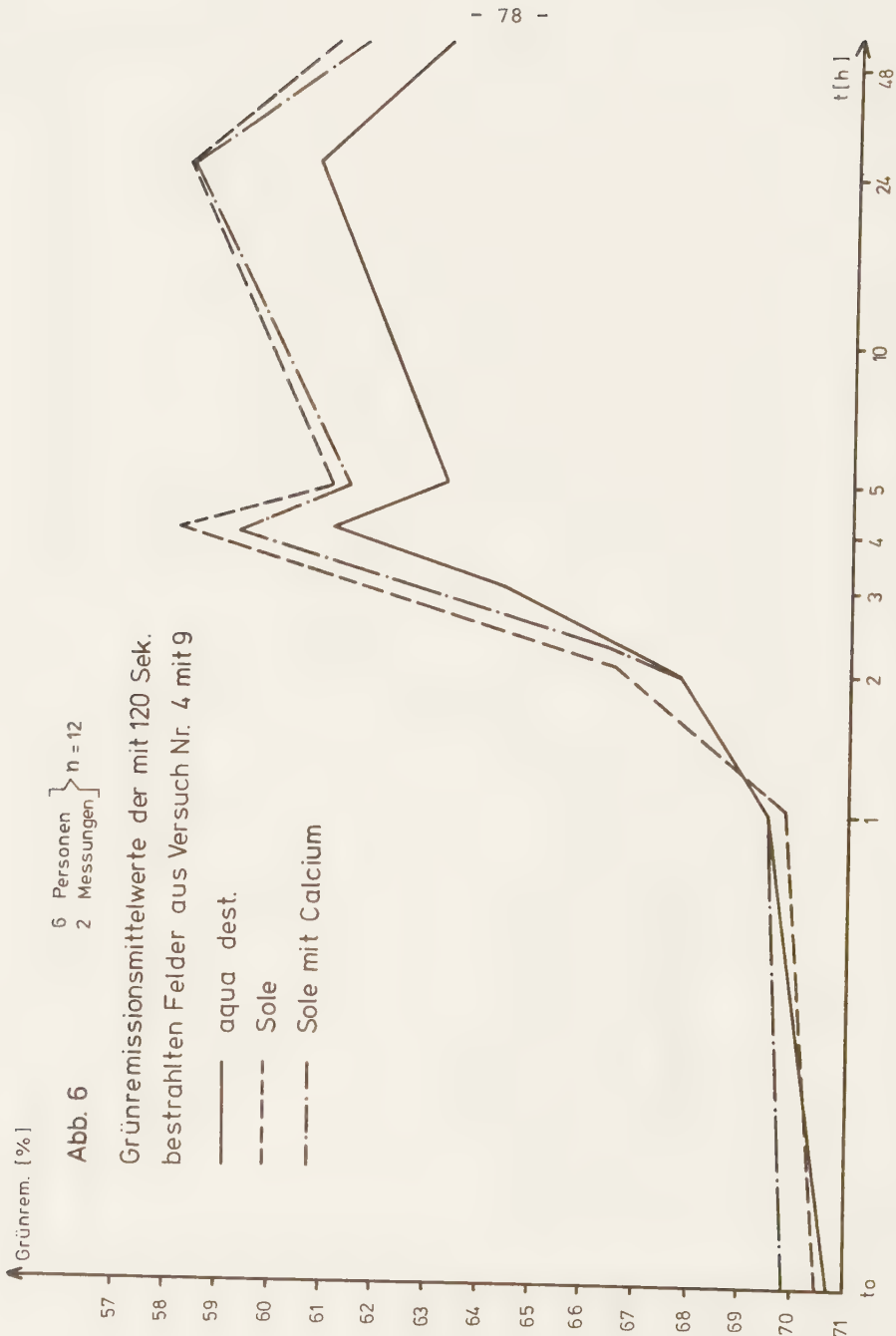


Abb. 7

Verteilung der Ausgangs -pH-Werte
aller 15 Versuchspersonen



Abb. 8

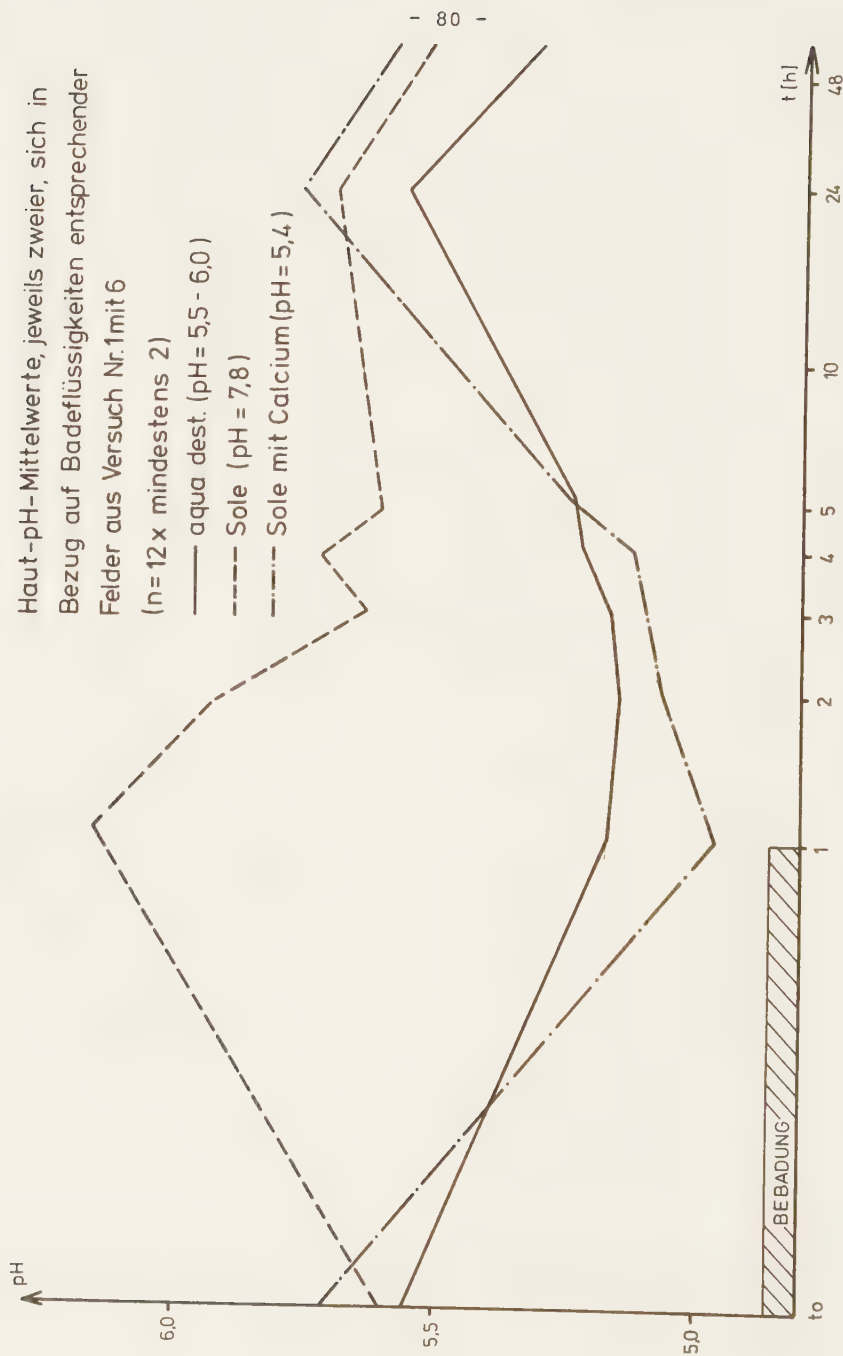
Haut-pH-Mittelwerte, jeweils zweier, sich in
Bezug auf Badeflüssigkeiten entsprechender
Felder aus Versuch Nr.1 mit 6

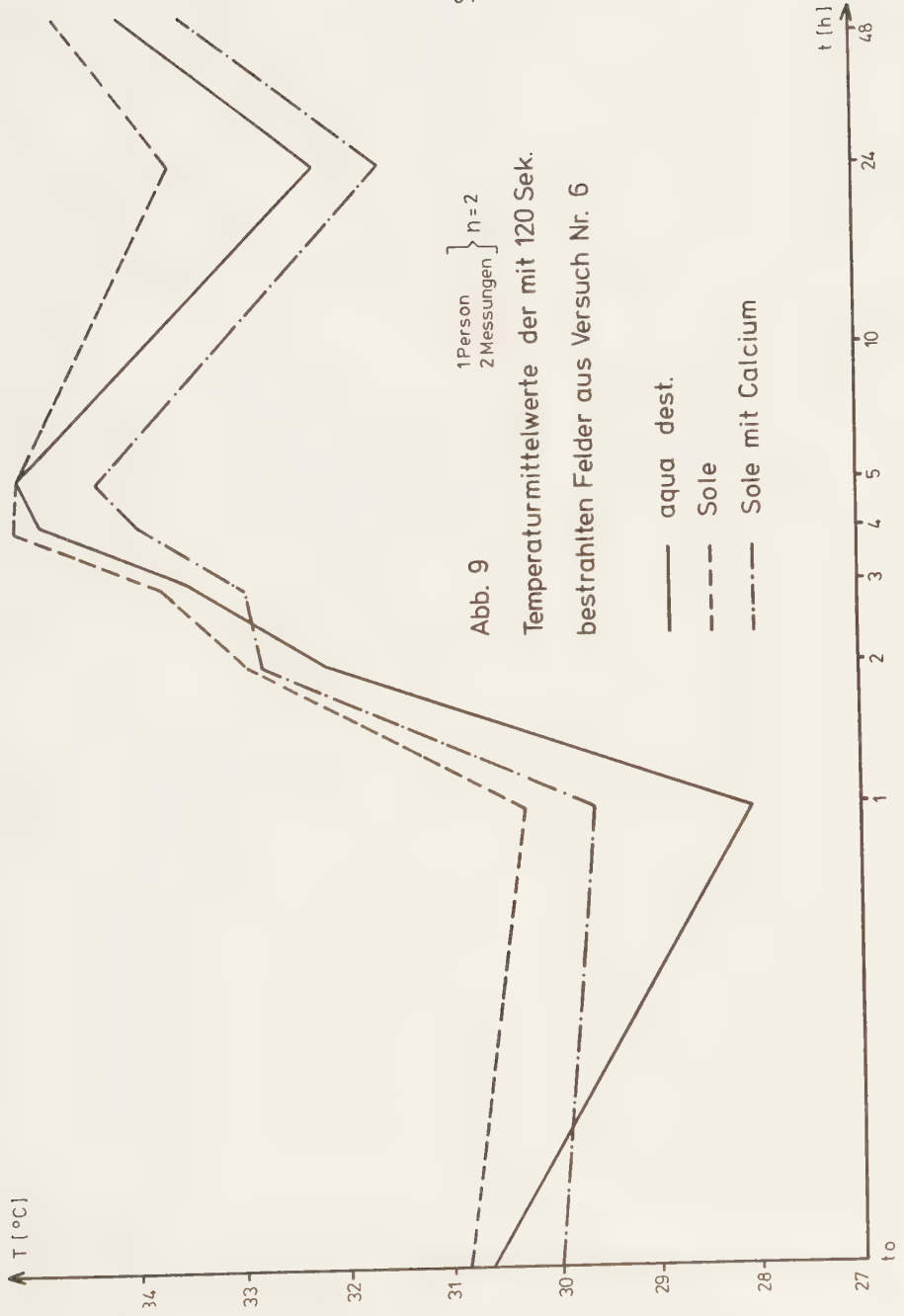
(n=12 x mindestens 2)

— aqua dest. (pH= 5,5 - 6,0)

- - - Sole (pH = 7,8)

- · - · Sole mit Calcium (pH= 5,4)





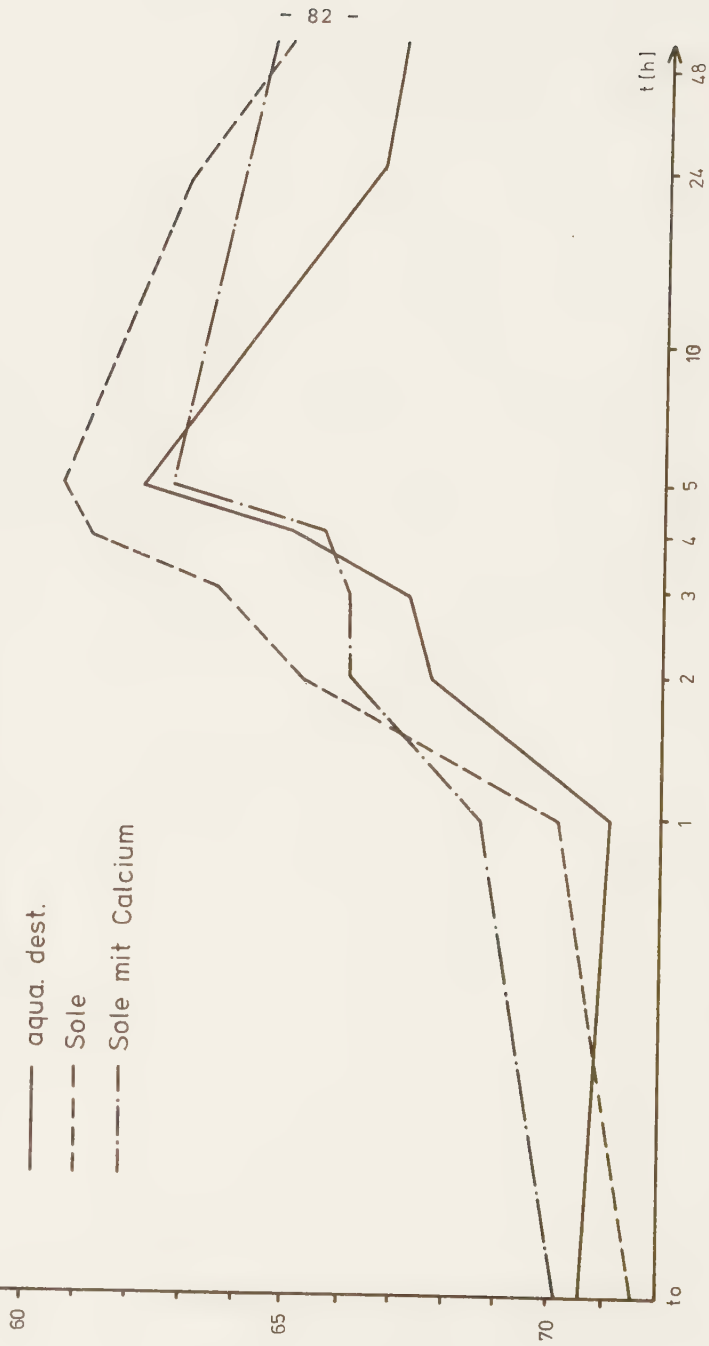
Grünrem. [%]

Abb. 10

1 Person } n = 2
2 Messungen }

Grünremissionsmittelwerte der mit 120 Sek.
bestrahlten Felder aus Versuch Nr. 6

- aqua. dest.
- - - Sole
- · - Sole mit Calcium



Herrn Dipl. Phys. K. Dirnagl und Herrn Prof. Dr. med. H. Drexel danke ich für die Überlassung des Themas sowie für die freundliche Unterstützung bei der Durchführung dieser Arbeit.

Ferner gilt mein Dank Herrn Dr. Pratzel, den Assistenten und Angestellten des Balneologischen Instituts der Universität München, insbesondere Herrn Dipl. Phys. J. Kleinschmidt, ohne den mir die statistische Auswertung nicht möglich gewesen wäre und nicht zuletzt allen Personen, die sich für unsere Versuche zur Verfügung gestellt haben.

Dank möchte ich ebenfalls der Frau Oberin der neben unserem Institut gelegenen Schwesternschule sagen, die es ermöglichte, ihre Schülerinnen als Probandinnen zu gewinnen.

Lebenslauf

Am 11.4.1947 wurde ich in Krailling/Starnberg geboren.
Meine Eltern waren der Fabrikant Wilhelm Rabanser und seine Ehefrau Gerarda, geb. Huber.

Nach vier Klassen Volksschule und neun Klassen Oberschule beendete ich meine Schulzeit mit dem Abitur am naturwissenschaftlichen Max-Planck-Gymnasium in München Pasing.

Von Oktober 1967 bis März 1969 leistete ich Wehrdienst.

Zunächst studierte ich an der TU München/Weihenstephan zwei Semester Landwirtschaft und legte nach dieser Zeit den ersten Teil der Diplom-Vorprüfung ab.

Im Oktober 1970 bekam ich dann endlich einen Studienplatz für Zahnmedizin an der Universität München, um den ich mich schon seit meiner Entlassung aus dem Wehrdienst beworben hatte, zugewiesen.

Nach Anrechnung der beiden Semester als Fachsemester und der Prüfung als Vorphysikum, konnte ich im Frühjahr 1972 die zahnärztliche Vorprüfung ablegen.

Am 29. Januar 1975 beendete ich vor dem Prüfungsausschuß der Universität München die zahnärztliche Prüfung und erhielt am 19. Februar 1975 die Bestallung als Zahnarzt.

Vom 1.4.1975 bis 31.3.1976 war ich als Assistent bei Zahnarzt Rehm in München-Haar tätig und wechselte am 1.4.1976 nach Schongau/Lech über, wo ich derzeit bei Dr. Zedelmaier im zweiten Jahr meiner Pflichtassistentenzeit stehe.

